

N° D'ORDRE :

12

THÈSES

PRÉSENTÉES A LA

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

POUR OBTENIR LE TITRE DE

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

(Mention Sciences)

PAR

Sayed Mohamed ABDEL-HALIM

Ingénieur-Chimiste

(E.C.B.)

1^{re} THÈSE. — CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DU SOL DU MÉDOC (FRANCE)
ET DU SOL ÉGYPTIEN.

2^{me} THÈSE. — PROPOSITION DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Thèses soutenues le Mercredi 6 Janvier 1932 devant la Commission d'Examen

JURY :

Président..... MM. RICHARD, professeur

Examineurs ... } DAGUIN, professeur
GENEVOIS, maître de conférences

BORDEAUX
IMPRIMERIE D'ALBRET

G. ROULLEAU

100, COURS D'ALBRET, 100

1932

N° D'ORDRE :
12

THÈSES

PRÉSENTÉES A LA

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

POUR OBTENIR LE TITRE DE

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

(Mention Sciences)

PAR

Sayed Mohamed ABDEL-HALIM

Ingénieur-Chimiste

(E.C.B.)

1^{re} THÈSE. — CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DU SOL DU MÉDOC (FRANCE)
ET DU SOL ÉGYPTIEN.

2^{me} THÈSE. — PROPOSITION DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Thèses soutenues le Mercredi 6 Janvier 1932 devant la Commission d'Examen

JURY :

Président..... MM. RICHARD, professeur

Examineurs ... { DAGUIN, professeur
GENEVOIS, maître de conférences

BORDEAUX
IMPRIMERIE D'ALBRET

G. ROULLEAU

100, COURS D'ALBRET, 100

1932



UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ DES SCIENCES

MM.

<i>Doyen</i>	DUPONT	Chimie industrielle.
<i>Doyens honoraires</i> ...	{ PADÉ	Recteur de l'Académie de Dijon.
	{ PICART	Astronomie.
	{ COUSIN	Calcul infinitésimal.
<i>Professeurs honoraires</i> ...	{ BÉNARD.	
	{ VÈZES.	
	{ COUSIN	Calcul infinitésimal.
	{ SAUVAGEAU.	Botanique.
	{ PICART	Astronomie.
	{ DEVAUX	Physiologie végétale.
	{ GUINGHANT .	Physique générale.
	{ RICHARD	Chimie organique.
<i>Professeurs</i> ...	{ CHAINE	Anatomie comparée et Embryogénie.
	{ BOUNHIOL ...	Zoologie et Physiologie animale.
	{ TROUSSET ...	Mécanique rationnelle
	{ MERCIER	Physique expérimentale.
	{ DAGUIN	Géologie et Minéralogie.
	{ DAURE	Physique.
	{ KIRRMANN...	Chimie minérale et Chimie physique
<i>Professeur sans chaire</i> ..	FEYTAUD ...	Zoologie.
<i>Maîtres de conférences</i> ...	GENEVOIS ...	Chimie physiologique
<i>Chargé de cours</i>	TRUCHET.....	Chimie
<i>Maître de conf. adjoint.</i>	ARRIVAUT.	
<i>Secrétaire</i>	ARTIGUELONG.	

A MA MERE

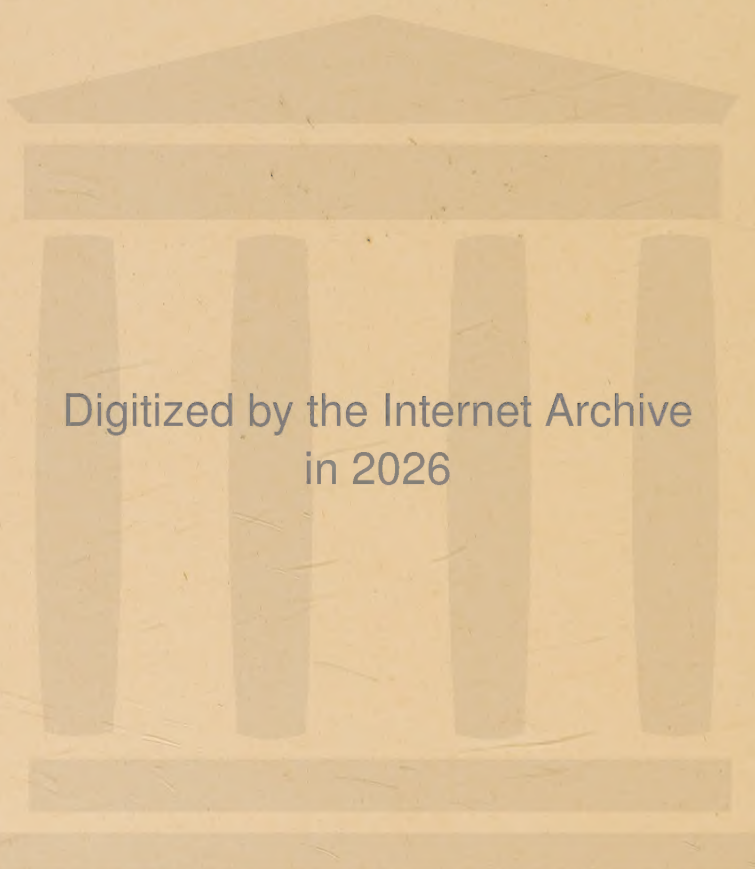
Témoignage de vénération.

A MON PERE

Sa vie entière de travail et de sacrifice est pour moi le plus précieux des exemples qui me guidera toujours dans ma carrière. Je lui dédie ce travail, modeste témoignage de toute ma reconnaissance et de mon profond amour filial.

A MES FRERES

Cordialement.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

A MA FEMME

*Témoignage de la plus tendre et douce
affection.*

A NOTRE CHER FILS

A MONSIEUR AHMED EL DIWANY BEY

Directeur de la Mission Scolaire Egyptienne en France.

*En remerciement de l'estime qu'il m'a
toujours témoigné. Qu'il veuille bien accep-
ter ici l'expression de mon sincère témoi-
gnage de gratitude.*

A MES ANCIENS PROFESSEURS

de la Faculté des Sciences et de l'Ecole de Chimie de Bordeaux.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR RICHARD

Directeur de l'Ecole de Chimie.

*Hommage de profonde reconnaissance et
de respectueux attachement de son ancien
élève.*

A MONSIEUR LE PROFESSEUR G. DUPONT

Doyen de la Faculté des Sciences,
Directeur de l'Institut du Pin.

*Hommage de respectueux dévouement de
son ancien élève.*

A MES AMIS

A MON MAITRE MONSIEUR L. GENEVOIS

Maître de Conférence de Chimie physiologique et de Chimie agricole
à la Faculté des Sciences de l'Université de Bordeaux.

En hommage de ma profonde et reconnaissante admiration. Qu'il veuille bien croire à mon entier dévouement.

PREMIÈRE THÈSE

**Contribution à l'Étude
du sol du Médoc (France)
et du sol Egyptien**

AVERTISSEMENT

Pendant longtemps, on a regardé le sol comme un simple support de la plante, l'examen chimique de la terre arable a été fort négligé, les propriétés physiques étant seules considérées comme exerçant sur la végétation une influence décisive.

Aujourd'hui, il ne viendrait à l'esprit d'aucun agronome de nier le rôle prépondérant, dans certains cas, manifeste dans tous, de la nature chimique du sol, sur la production des végétaux et, partant, sur les récoltes.

Bernard Palissy, le premier, en 1560, avait compris l'importance qu'il faut attacher aux matières minérales dans l'alimentation des végétaux et il entrevit le rôle des sels solubles dans la détermination de la fertilité du sol.

Plus tard, J. Tul démontrait l'influence de la terre fine dans la nutrition des végétaux.

Puis, Dumas, en 1840, a montré d'une manière remarquable, que les plantes empruntent à l'air et à l'eau, l'azote, le carbone, l'oxygène et l'hydrogène dont elles ont besoin; elles transforment ces corps minéraux en matière organique qui sert ensuite à l'alimentation animale. Après la vie, cette matière organique est décomposée et ses éléments font retour au règne minéral, où la végétation les puisera de nouveau. Les principes minéraux qu'on trouve dans les plantes sont seuls empruntés au sol.

Donc, le sol peut être considéré, non plus uniquement comme support, mais également comme réserve alimentaire.

La théorie de l'humus vint confirmer ces assertions, et,

pendant longtemps, cette substance mal définie fut considérée comme la seule source d'éléments nutritifs.

Sans nul doute, les propriétés physiques jouent un rôle considérable dans le développement des plantes, mais leur examen seul ne saurait nous donner une connaissance suffisante d'une terre et de ses rapports avec les récoltes qu'on lui demande.

Bien que l'analyse de la terre soit impuissante à résoudre tous les problèmes culturaux, il n'en est pas moins certain qu'exécutée dans des conditions déterminées, elle jette une vive lumière sur des questions qui, sans elle, demeureraient tout à fait obscures.

C'est ainsi que l'analyse peut nous renseigner très utilement sur les points suivants :

1) La détermination du degré d'alcalinité ou d'acidité du sol. (Etude du pH du sol.)

2) Quantités relatives des principes utiles à la végétation et composition de la réserve du sol.

3) Détermination des éléments nutritifs manquant dans le sol, nature des aliments à introduire (engrais et amendements).

4) Enfin l'assimilabilité de certains éléments nutritifs, tels que l'acide phosphorique et l'azote par exemple.

Le rendement des récoltes est en rapport étroit avec la qualité et la quantité des principes fertilisants que contient ce milieu solide dont il est possible, dans bien des cas, d'améliorer la valeur alimentaire par un emploi judicieux d'amendements et d'engrais dont la valeur est fonction de la proportion utile qu'ils renferment.

Cet emploi judicieux relève directement de l'examen méthodique des propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol.

L'étude physico-chimique de la terre arable a été l'objet d'un nombre incalculable de travaux. Elle constituait la seule base de l'agronome jusque vers l'année 1875.

A partir de cette époque, sous l'influence des découvertes de Pasteur, on a commencé à envisager le sol non plus comme

une masse minérale inerte dont les changements de composition dépendaient exclusivement des seules forces physico-chimiques, mais comme un milieu vivant peuplé d'une foule de microorganismes indispensables à l'établissement de réactions chimiques qui président aux phénomènes d'assimilation.

Nous savons que ces microorganismes jouent un rôle très important dans la décomposition des roches, dans la formation des sulfates et des nitrates, ils sont encore les principaux intermédiaires pour la fixation de l'azote atmosphérique et des grands producteurs d'acide carbonique, si utile aux végétaux. Ce sont eux, enfin, qui rétablissent l'équilibre entre la création et la destruction de matières organiques, entre la matière vivante et la matière inerte (minérale).

La matière minérale qui forme plus de neuf dixième de la terre arable proprement dite est toujours en contact intime avec l'humus, c'est-à-dire avec les débris organiques des végétations antérieures.

Cet humus, dont le carbone et l'azote servent de substraction alimentaire aux microorganismes, subit de façons incessante, une série de transformations dont l'étude a pris un développement toujours croissant depuis une cinquantaine d'années.

Enfin, nous nous sommes proposés dans ce travail d'étudier le sol du Médoc (France) et celui de l'Egypte de la façon suivante :

CHAPITRE I. — *Introduction.*

CHAPITRE II. — *Technique générale d'analyses.*

CHAPITRE III. — *Les sols du Médoc au point de vue climatique..*

CHAPITRE IV. — *Divers types des sols du Médoc.*

CHAPITRE V. — *Les sols calcaires.*

CHAPITRE VI. — *Les sables des Landes.*

CHAPITRE VII. — *Les zones de Graves.*

CHAPITRE VIII. — *Les Palus.*

CHAPITRE IX. — *Sols d'alluvion Egyptien.*

CHAPITRE X. — *Conclusion.*

Tous ces travaux sont faits dans le laboratoire de Chimie physiologique de l'Université de Bordeaux, et ils nous ont été inspirés par notre éminent maître Monsieur L. Gênevois. Qu'il veuille trouver ici nos sentiments de respectueuse reconnaissance. Nous n'oublierons jamais combien nous lui devons pour la haute bienveillance qu'il nous a témoigné, pour les conseils précieux qu'il n'a cessé de nous donner au cours de nos travaux, et, enfin, pour l'accueil que nous avons trouvé dans son laboratoire. Nous l'en remercions profondément.

Notre très vif et sincère témoignage de gratitude doit se manifester aussi à Monsieur Raphaël Aladjem, Directeur du Laboratoire chimique du Ministère de l'Agriculture d'Egypte, qui a bien voulu nous aider grandement dans notre tâche par ses conseils éclairés et par les nombreux échantillons qu'il a bien voulu faire prélever pour nous sur différentes terres caractéristiques de l'Egypte.

CHAPITRE PREMIER

INTRODUCTION

Le présent travail a pour but de définir et de classer les principaux types de sols existant dans le Médoc.

Le Médoc a été choisi pour trois raisons :

1° Parce que cette région est géographiquement très bien délimitée. Elle a la forme d'un triangle rectangle; elle est limitée à l'Ouest par une côte nord-sud bordée d'un cordon régulier de dunes.

Au Nord et à l'Est, elle est limitée par l'estuaire de la Gironde et le cours de la Garonne jusqu'à Bordeaux; au Sud, la limite est conventionnelle; la coutume est de limiter le Médoc à un parallèle passant par le nord de la ville de Bordeaux; ce parallèle rejoint la côte un peu au sud de la station de Lacanau.

L'arbitraire de cette délimitation vers le sud ne nuit en rien, d'ailleurs, au caractère assez tranché de cette région, car elle est constituée de bancs de terrains orientés nord-sud.

Nous avons été amenés à étendre nos observations à quelques points situés au sud de cette ligne pour confirmer nos résultats.

2° Cette région est très homogène dans son ensemble et variée dans le détail. Le climat est très uniforme; océanique, soumis aux vents du nord-ouest chargés de pluie qui viennent

de l'Océan. Nous sommes dans la région où la pluie est répartie à peu près uniformément sur toute l'année, avec un maximum à l'automne; cette région est caractérisée en botanique comme la région des pluies d'été, par opposition à la région méditerranéenne où la pluie tombe exclusivement en hiver et au printemps. L'hiver est presque toujours sans neige et les jours de gelée sont très rares.

Le sous-sol de cette région est entièrement formé de terrains récents : des alluvions abandonnés par le fleuve sur une moitié environ de la superficie, la plus intéressante d'ailleurs et la seule pratiquement habitée, c'est-à-dire toute la région est, et, pour l'autre moitié, d'apports éoliens, de sables poussés par les vents d'ouest, qui ont constitué les dunes et les landes typiques.

Dans le détail, cette région est variée, parce qu'elle nous montre des sols de natures chimiques diverses : sable, gravier, argile.

D'autre part, en certains points, la couverture d'alluvions a disparu et laisse apparaître le soubassement de roches anciennes qui sont des calcaires tertiaires ou des marnes. Ce dernier point est extrêmement intéressant, au point de vue des sols.

3° Cette région est parfaitement connue au point de vue agronomique. Le sol y est cultivé depuis plus de deux mille ans. Non seulement l'habitant a déterminé les cultures réussissant le mieux sur chaque terrain, mais encore, commerçants et propriétaires ont établi une échelle des valeurs des terrains, comme nulle part ailleurs au monde, sans doute, on ne l'a fait.

Nous verrons que sur la bordure Est de la région, les croupes de gravier sont plantées de vignobles. Ce sont des cépages de raisin rouge qui sont à peu près les mêmes partout; cependant une expérience de plusieurs siècles a permis de distinguer parmi ces vignobles des qualités extrêmement diverses au point de vue de la production des vins. On distingue, en effet, parmi les vins du Médoc : les crus paysans, crus artisans, crus bourgeois ordinaires, crus bon bourgeois, crus bourgeois supérieurs et les grands crus; ces grands crus eux-mêmes ont été classés en cinq catégories, d'où leur nom de crus classés;

il existe une échelle des cinq catégories de crus classés. Cette classification peut paraître invraisemblablement détaillée; elle correspond, pourtant, au dire des connaisseurs, à des différences très réelles de qualité et se trouve consacrée par l'usage. Cet usage remonte au XVIII^e siècle et la classification a été rendue officielle en 1855.

On considère dans le pays que la qualité du vin dépend essentiellement de la qualité du sol et que, à travers les siècles, les variations dans les soins donnés à la culture ou à la préparation du vin, n'ont pas été en mesure de modifier d'une façon importante cette classification.

Une des questions posées dans ce travail va être de nous rendre compte de la raison pour laquelle des terrains en apparence assez semblable donnent des produits si différents aux yeux des connaisseurs.

Les recherches sur les sols ont évolué d'une façon fort différente, en France d'une part, en Russie et aux Etats-Unis d'autre part. En France, l'étude des sols fut fondée par Eugène Risler, le premier directeur de l'Institut agronomique. Son ouvrage publié sous le titre caractéristique de *Géologie agricole*, est une description des différents sols de la France, en prenant pour base de son étude la carte géologique. Pour Risler et ses élèves, les caractères fondamentaux du sol dérivent du sous-sol géologique, et le rôle du climat et de la végétation sauvage est secondaire ou du moins suffisamment semblable dans les divers points d'un pays comme la France, pour ne jouer dans une description qu'un rôle tout à fait secondaire. Il a paru encore récemment des descriptions de terrains faites d'après les principes édictés par Risler, où l'on voit les analyses du sol reportées soigneusement sur la carte géologique du terrain étudié. Nous citerons l'*Esquisse Agronomique et Agrolologique de la région de Sétif*, publiée en 1922 par Pouget, Almaric et Léonardon, et la thèse de J. Manquenné : *Agrolologie de l'Oranie orientale*, parue en 1925, à Toulouse. Dans toutes ces études, le travail essentiel a consisté à faire une analyse physique et chimique des éléments de la couche superficielle du sol. Dans aucun de ces ouvrages, le sol n'est envisagé comme une formation autonome indépendante du sous-sol et ne dépendant que du climat.

Les pédologues russes et américains sont arrivés à des conclusions exactement inverses. Le père de la pédologie russe fut

Dokutschajeff, qui publia pour la première fois en 1879, une cartographie du sol russe et la même année, une description du tschernozone (terre noire) de la Russie d'Europe. Les travaux de Dokutschajeff et de ses élèves restèrent d'ailleurs pendant longtemps presque inconnus en Europe, jusqu'au moment où Glinka publia, en 1914, son ouvrage classique sur les types de sols. En Allemagne, Ramann avait, dès 1905, adopté des idées assez voisines de celles de l'école russe. Aux Etats-Unis, Hilgard était arrivé, dès 1893, à une conception analogue à celle de Dokutschajeff et à considérer le climat comme le facteur essentiel déterminant la nature du sol. Les auteurs qui ont collaboré à l'encyclopédie des sols (*Handbuch der Bodenlehre*) sous la direction de Blanck, ont adopté dans l'ensemble les principes des savants russes et américains.

Il y a donc une opposition en apparence absolue entre les travaux de l'école française et les travaux des écoles étrangères. Il est hors de doute que les principes de l'école française ne sont valables qu'à l'intérieur d'un climat à peu près homogène. L'ignorance où on était en 1884 des sols et de l'agriculture dans les régions méditerranéennes tropicales et sud-tropicales a laissé ignorer à Risler que des sols géologiquement semblables, peuvent être très différents sous des climats différents. L'école française a visiblement été impressionnée par les études faites dans les régions riches de la France, à climat atlantique, et où les sols sont très récents relativement. Les Russes, au contraire, ont étudié des sols extrêmement anciens, présentant des accumulations d'humus énormes; d'autre part, leur pays s'étendant sans solution de continuité, des régions polaires aux régions chaudes de la mer Noire, avec une structure géologique très simple et très uniforme, était un cas admirablement choisi pour mettre en évidence l'influence du climat.

Le Professeur A. Agafonoff a le premier décrit les sols de France du point de vue pédologique (1, 2, 3). Ses travaux nous ont servi de guide dans la partie de nos recherches portant sur les sols climatiques. Nos recherches se sont inspirées du désir de vérifier et de préciser les notions qu'il a si heureusement introduites en France.

Il y a une similitude évidente entre certains sols de la région médocaine avec les sols décrits dans les pays à climat atlantique sous le nom de podsoles, d'autre part, il y a des différen-

ces énormes entre les divers sols suivant la nature géologique du terrain, et cela dans un climat qui est évidemment le même à quelques kilomètres de distance.

Toutes les conclusions exposées ici ne valent naturellement que pour des sols analogues, c'est-à-dire que pour des sols extrêmement récents. On peut considérer que toute la région médocaine a été remaniée soit par le fleuve, soit par le vent, à l'époque quaternaire. On ne trouve nulle part d'accumulations importantes, sauf dans les marais, de sédiments organiques. Ces conditions sont donc assez spéciales. Toutefois, tous les géographes savent que les établissements humains se font de préférence sur ces terrains récents, que l'on trouve sur les bords des fleuves ou bien dans des dépressions favorisées.

Cette étude des terrains récents et des sols récents qui est un cas extrêmement particulier dans l'ensemble des terrains et des sols qu'on rencontre sur la planète, se trouve être un cas important parmi les sols utilisés par l'homme pour sa culture.

L'étude des sols a été poursuivie ici par deux voies différentes :

1° L'observation sur le terrain à surface et autant que possible sur des coupes montrant les différentes zones du sol. Un pareil relevé de la structure du sol n'avait jamais été fait encore dans la région médocaine; le Professeur V. Agafonoff a donné une étude du sol des Landes aux environs de Pierroton, au sud du Médoc. La structure du sol n'est pas du tout uniforme dans cette région, malgré l'uniformité du relief; nous avons pu distinguer une dizaine de types de sols très différents aussi bien au point de vue de la végétation spontanée et des cultures, qu'au point de vue de leur architecture.

Nous avons tenté une esquisse de la réparation des terrains distingués. Cette esquisse n'a que la valeur d'une première approximation, étant donné le temps limité dont nous disposions. Toutefois, il nous a paru indispensable de donner une idée de l'étendue de chaque formation.

2° D'autre part, dans tous les points qui nous ont paru intéressants, nous avons prélevé des échantillons que nous avons soumis à une analyse physique et à une analyse chimique simplifiée, qui a constitué en un dosage des carbonates et des phosphates et l'analyse de l'acidité du sol (pH.).

Il nous est apparu dans nos observations que la structure du sol, l'épaisseur de ces diverses couches, leur disposition par rapport au plan d'eau, la nature du sous-sol, avaient plus d'importance pour caractériser le sol qu'une analyse chimique détaillée.

CHAPITRE II

TECHNIQUE GENERALE D'ANALYSES

Nous savons que les diverses récoltes qui se succèdent sur un sol donné lui enlèvent, chaque année, une quantité de substances minérales qui peut s'élever à plusieurs centaines de kilogrammes par hectare.

Nous savons, également, que les proportions d'une même substance ainsi prélevées sur le sol, varient beaucoup d'une espèce végétale à une autre. Il est également hors de doute qu'une partie des éléments organiques des plantes leur est fournie par les sols qui leur servent de supports.

Il semble résulter de là, qu'il doit exister, entre la composition chimique des plantes et la nature des éléments que le sol peut leur fournir, une relation intime qu'il nous sera possible d'entrevoir lorsque nous aurons passé en revue les diverses méthodes employées pour déceler les divers éléments constitutifs des sols cultivables.

Il y a déjà longtemps que l'on soupçonne cette influence des éléments qui font partie du sol, car H. Davy, l'un des plus habiles chimistes de l'ancien siècle, disait il y a une centaine d'années : « Le sol est une espèce de laboratoire dans lequel se prépare une partie des éléments destinés à la végétation. »

Donc, on peut conclure que l'analyse des terres est très importante uniquement au point de vue de la nutrition végétale

et de la production des récoltes; mais il ne suffit pas au chimiste d'effectuer les différents dosages appropriés, il lui faut aussi, de l'examen de cet ensemble d'analyses, tirer des conclusions pratiques qui guideront l'agriculteur dans la voie d'améliorations rationnelles.

Aujourd'hui, il s'agit, non pas de déterminer la composition réelle du sol, mais on tend à s'occuper seulement de sa teneur en éléments reconnus ayant une valeur réelle et immédiate comme aliment des plantes.

Les substances qui concourent efficacement à la fertilité du sol, sont caractérisées par leur présence constante dans les végétaux qui ne pourraient pas se développer sans leur concours, et, par le fait, que leur absence ou leur rareté frappe le sol de stérilité. Ces matières dites fertilisantes sont les suivantes :

L'azote, l'acide phosphorique, la potasse et la chaux.

En outre, on regarde généralement les autres éléments qui entrent dans la composition des plantes comme assez abondants dans la nature, pour qu'on n'ait pas à s'inquiéter de leur intervention dans la nutrition végétale.

Lorsque l'analyse chimique nous montre dans une terre une proportion élevée de l'un ou de l'autre de ces éléments, nous savons qu'il est inutile de lui fournir à l'état d'engrais. Lorsque, au contraire, on constate son absence ou sa pénurie, on sait qu'il faut le donner au sol pour le rendre fertile.

Mais cette notion d'abondance et de rareté n'a rien d'absolu, elle n'est que relative et déterminée par l'observation des résultats cultureux.

Sur la connaissance de ce qui précède, nous nous bornerons à diviser l'analyse du sol en deux groupes bien distincts :

A. — L'analyse mécanique du sol total.

B. — L'analyse chimique des parties fines.

A. — Analyse mécanique du sol total.

L'analyse mécanique du sol a pour but de déterminer les proportions des particules à différentes grosseurs contenues dans un échantillon donné, et de nous renseigner sur les proportions des différents éléments constitutifs.

Par conséquent, elle nous indique le degré de compacité et de perméabilité du sol, ainsi que la plus ou moins grande facilité qu'ont les éléments nutritifs d'être transportés par l'eau et mis à la disposition des racines des végétaux; enfin, elle nous permet de faire une sélection des cultures les mieux appropriées au sol analysé.

Pour effectuer cette analyse, nous nous sommes inspirés de l'ouvrage de MM. Leprince et Lecoq (*Guide pratique d'Analyses alimentaires et d'Expertises chimiques usuelles*, 1930).

Pour cela, on procède de la façon suivante : on étend l'échantillon, dès son arrivée au laboratoire, sur une table dans un endroit bien sec et on l'abandonne quelques jours en ayant soin de le remuer de temps en temps pour activer la dessiccation. S'il se rencontre des blocs trop durs, il est nécessaire de les briser avec un rouleau ou un maillet. Quand il est suffisamment desséché, on le pèse à un gramme près, et on le passe successivement :

a) Sur un tamis comptant deux mailles par cm.

b) Sur un tamis comptant dix mailles par cm., en ayant soin de désagréger les particules de terre agglomérées.

Les parties qui restent sur le premier tamis constituent les cailloux, sur le second se trouvent les graviers. Tout ce qui passe est la terre fine qu'on conservera aussitôt séparée, dans un récipient en carton paraffiné. C'est sur la terre fine que se font les déterminations chimiques.

Les cailloux sont mis à part et ensuite touchés un à un avec une baguette de verre trempée dans l'acide chlorhydrique, ceux qui font effervescence sont les cailloux calcaires; on les pèse à part; ceux qui ne font pas effervescence sont les cailloux siliceux, qui sont pesés également à part, et on exprime la quantité de chacun d'eux pour 1.000.

Les graviers sont séchés à l'étuve à 100° jusqu'au lendemain, puis on pèse 100 grammes dans une capsule à porcelaine à fond plat tarée. On ajoute d'abord 100 cm³ de HCL par petites portions, en agitant à l'aide d'une baguette de verre tant qu'il y a effervescence. Le résidu siliceux non attaqué est lavé par décantation et repos, jusqu'à ce que les eaux de lavage

ne soient plus acides, sensibles au tournesol, puis porté à l'étuve à 100° jusqu'à dessiccation complète. Le poids final, déduit de celui de la capsule, donne la proportion pour mille de gravier siliceux. La quantité de gravier calcaire s'obtient par différence.

Nous avons employé cette méthode pour les échantillons de terres qui sont *meubles*, c'est-à-dire qui peuvent facilement s'émietter sous la pression des doigts quand elles sont sèches; mais nous avons été obligés de pratiquer une autre méthode pour quelques échantillons de sol, dit *compact*, et argileux, qui, en se desséchant, prennent une consistance, et, de ce fait, ne peuvent pas être émiettées, le frottement des doigts étant impuissant à détruire la cohésion des masses souvent volumineuses, composées surtout d'argile.

La méthode employée pour ce genre de terre est due à M. Schloesing (1903), et elle est ainsi pratiquée :

La terre à analyser est placée sur un plateau en cuivre et mise à sécher au bain de sable chauffé à 100° environ. Après dessiccation complète, on la trempe dans une grande capsule en porcelaine avec une quantité d'eau suffisante pour la couvrir. Au bout de douze heures, les concrétions argileuses se sont entièrement délitées, et il est simple par lévigation et tamisage, de séparer toute la terre fine des cailloux.

Sur une autre capsule en porcelaine d'une capacité de deux litres environ, on pose un tamis en fil de laiton ayant dix mailles au centimètre, et on décante ensuite le mélange d'eau et de terre contenu dans la première capsule : on agite à l'aide d'une spatule en bois, la bouillie terreuse répandue sur le tamis, on l'arrose d'eau distillée en se servant d'une pissette à jet fin. On fait ainsi passer toute la terre fine dans la grande capsule de deux litres de capacité, et les cailloux restent sur le tamis. On arrive facilement à effectuer cette séparation de la terre fine et des cailloux avec 500 cm³ d'eau environ.

La boue de terre fine est versée dans une grande cuvette en porcelaine analogue aux cuvettes à photographie et mise à sécher au bain de sable. La pâte obtenue sera rendue homogène par le pétrissage à la main et elle sera alors prête pour

l'analyse chimique. Les cailloux restant sur le tamis sont pesés et ensuite traités par l'acide chlorhydrique, comme il est expliqué plus haut.

Dans la terre fine, nous séparerons les éléments suivants :

1° *Dosage des matières organiques totales.*

Dix grammes de terre fine sont pesés exactement dans une capsule plate de porcelaine et abandonnés à l'étuve à 100° jusqu'à poids constant. On calcine le résidu obtenu. La perte de poids multipliée par 100, donne la quantité de matières organiques totales. Le poids des matières fixes restant dans la capsule multiplié par 100, donne la proportion de celles-ci par kilogramme.

2° *Dosage du calcaire total.*

Les matières fixes obtenues sont additionnées de 10 cm³ d'eau et d'acide chlorhydrique pur jusqu'à cessation de l'effervescence. On ajoute alors un excès d'acide (5 cm³) environ, puis on chauffe au bain-marie bouillant pendant une demi-heure.

Si le calcaire est abondant, il suffit de le doser par différence. Pour cela, procéder par lavages, repos et décantation, jusqu'à ce que les eaux de lavage ne soient plus acides. Le résidu est séché à 100° et pesé. La différence de poids représente le carbonate de chaux dissous qui se trouvait dans la partie d'essai. En multipliant par 100, on obtient la proportion pour 1.000.

Si le calcaire est en faible proportion, les liqueurs sont réunies et additionnées d'ammoniaque jusqu'à alcalinisation faible, puis acidifiées franchement avec de l'acide acétique cristallisable. Après filtration et lavage du filtre, la solution est portée à l'ébullition dans une caroule ou un vase de Bohême. On ajoute alors brusquement 50 centimètres cubes d'une solution saturée à froid d'axalate d'ammoniaque, préalablement portée elle aussi à l'ébullition. Le tout est abandonné quelques heures au refroidissement spontané pour précipiter complètement l'axalate de chaux ainsi formé, puis on filtre sur un filtre sans cendre (Berzelius), on lave à l'eau bouillante, puis on le sèche à l'étuve et on l'incinère au

mouffle. Le résidu est additionné de quelques gouttes d'acide sulfurique, puis, après évaporation et calcination, on pèse le sulfate de chaux ainsi obtenu.

Pour avoir la proportion du calcaire total par kilogramme de terre fine, il suffit de multiplier le chiffre trouvé par :

$$0,73529 \times 100 \text{ (Résultats donnés en } \text{CO}_3\text{Ca).}$$

Pour exprimer ce résultat en chaux (comme il est nécessaire dans l'analyse chimique proprement dite), il faut multiplier le chiffre trouvé par le coefficient :

$$0,41176 \times 100 \text{ (Résultat donné en CaO).}$$

3° Dosage du sable, de l'argile et de la matière noire ou humique.

On prend 10 grammes de terre fine qu'on place dans une capsule à fond plat tarée, on humecte avec une petite quantité d'eau, puis on délaie au moyen de l'index ou avec un petit pilon de verre, dans une vingtaine de centimètres cubes d'eau. Après les dernières agitations, on compte 8 à 10 secondes de repos, et l'on verse dans un verre à précipité de 250 cm³, le liquide trouble qui surnage, en ayant soin de ne pas entraîner les parties qui viennent de se déposer. On répète cette opération de la même manière, en comptant chaque fois huit à dix secondes avant chaque décantation, jusqu'au moment où le produit décanté devient à peu près clair.

Ces liqueurs réunies représentant la partie légère de la terre fine que contient le sable fin, l'argile et la matière noire ou humique. La partie restée dans la capsule est constituée par la terre lourde connue sous le nom de (gros sable).

On commence par dessécher ce dernier à 100° jusqu'à ce que son poids ne varie plus, et, après refroidissement sous l'exsiccateur, on le pèse. La quantité trouvée par 100, donne la quantité de gros sable et la quantité de débris organiques par kilogramme de terre fine.

La capsule est alors portée au rouge-sombre pour détruire les matières organiques présentes. Après refroi-

dissement, une nouvelle pesée indique la perte de poids qui, multipliée par 100, représente la teneur en débris organiques mélangés avec le gros sable.

Le résidu est traité exactement comme il vient d'être exposé pour le dosage du calcaire total, afin de déterminer le gros sable calcaire. Les lavages après traitement à l'acide chlorhydrique étant terminés, le gros sable silicieux restant est séché et pesé. Ce poids, multiplié par 100, donne la proportion par kilogramme.

Quant à la partie décantée qui contient le sable, l'argile et la matière humique, on l'additionne de 2 à 3 cm³ d'ammoniaque, on laisse digérer 2 ou 3 heures, puis on amène le volume total à un litre environ avec l'eau distillée en agitant fortement de manière à mettre toute la matière en suspension. Après 24 heures de repos, la liqueur surnageant est décantée à l'aide d'un siphon. Sur le résidu, on verse de nouveau 2 cm³ d'ammoniaque et on ajoute 1 litre d'eau en agitant pour remettre en suspension. Après 24 heures de repos, on décante comme précédemment et on ajoute le liquide décanté qui a déjà été mis à part. Souvent, deux décantations suffisent, mais pour quelques échantillons de terre à notre disposition, qui sont très argileuses, nous étions forcés de répéter cette décantation 2 ou 3 fois.
dès le début — débris organiques lourds.

Le résidu représente le calcaire léger et le sable fin qu'on sèche et qu'on pèse. Le poids trouvé est multiplié par 100, il représente pour 1 kilogramme de terre, la somme (calcaire léger + sable fin). Pour doser les matières légères calcaires, il suffit de faire l'application de la formule suivante :

$\text{Calcaire léger} = \text{calcaire total} - \text{calcaire lourd}$
et le sable fin par simple différence, puisqu'on connaît la somme (calcaire léger + sable fin).

Quant aux liqueurs décantées, elles contiennent l'argile et les matières humiques, elles sont additionnées d'acide azotique (à 36° Baumé) jusqu'à réaction fortement acide, on a précipitation des produits en suspension, qui sont recueillis sur un filtre taré, on sèche en-

suite à + 100° et on pèse. L'augmentation des poids, multipliée par 100, représente la somme (argile + matière humique) pour 1 kilogramme de terre.

Puis en calcinant le filtre au rouge sombre, on peut calculer la matière humique d'après la formule suivante :

Matière humique =
matières organiques totales dosées dès le début — débris
organiques totales dosées

Finalement, la quantité d'argile est déduite de la somme (argile + matière humique) déterminée par pesée.

Le rôle de l'ammoniaque qu'on a ajouté au liquide décanté, est de coaguler l'argile colloïdale qui reste toujours en suspension. Nous avons employé pour la même raison le chlorure de calcium à concentration 1/5000 et nous avons constaté que son pouvoir de coagulation est supérieur et plus efficace que celui de l'ammoniaque.

D'après Masoni et Léoncini (1918), en admettant que le pouvoir floculant de l'ammoniaque soit égal à 2, 4, celui du calcium sera égal à 5, 7.

Nous avons employé pour le même but, les acides minéraux, qui sont des électrolytes qui ont aussi le pouvoir de coaguler les colloïdes en général et les colloïdes minéraux en particulier, comme l'argile par exemple.

Le pouvoir coagulant de tel agent répond à son degré de dissociation ou d'ionisation. Ce pouvoir considérable chez les acides minéraux, est beaucoup plus faible chez les alcalis et les carbonates alcalins. La rapidité de la coagulation, varie avec la nature de l'acide employé.

B. — Analyse chimique de la terre fine.

L'analyse chimique a pour but de doser, non seulement le stock intégral des substances utiles aux végétaux que renferme un poids de terre donné, mais surtout, la quantité de ces substances qui s'y trouvent actuellement sous une forme assimilable, c'est-à-dire absorbable par la plante. Ces substances, dites fertilisantes par excellence, sont les suivantes :

L'azote, l'acide phosphorique, la potasse et le carbonate de chaux.

Cependant, il nous est apparu préférable de procéder à une analyse chimique simplifiée qui a constitué en un dosage de carbonates et de phosphates, et à la détermination de l'acidité du sol (PH), parce que nos observations sur la structure du sol, l'épaisseur de ses diverses couches, leur disposition par rapport au plan d'eau, la nature du sous-sol, ont plus d'importance, comme nous l'avons déjà dit dans le chapitre précédent, pour caractériser le sol, qu'une analyse chimique détaillée.

Dosage de l'acide phosphorique.

Le dosage de l'acide phosphorique total, de même, le dosage complet des éléments minéraux que renferme une terre arable, ne nous renseigne pas sur la quantité de matériaux actuellement ou prochainement assimilables par les plantes, mais il nous donne une idée des *réserves totales* que contient le sol et peut indiquer, dans une certaine mesure, la nature des engrais que ce sol réclame pour telle ou telle culture.

Nous avons dosé l'acide phosphorique total par le procédé officiel employé dans les Stations Agronomiques en France, lequel comprend deux séries d'opérations d'un caractère différent :

1° Le procédé d'attaque, qui consiste à soumettre la terre à l'action de l'acide nitrique chaud pendant cinq heures.

2° Le dosage de l'acide phosphorique dans la liqueur qui consiste à traiter cette liqueur par la nitromolybdate d'ammonium; ce réactif précipite l'acide phosphorique à l'état de phosphomolybdate d'ammonium, que l'on pèse et dont le poids permet de calculer le poids d'anhydride phosphorique.

Dosage de la chaux à l'état de carbonate.

La chaux qui se trouve dans la terre arable à l'état de carbonate, c'est-à-dire le calcaire proprement dit, joue le rôle le plus important dans les phénomènes chimiques dont le sol est le siège.

Nous pouvons affirmer, suivant l'analyse des échantillons de terre de la Gironde, que les quatre-cinquième de ces ter-

raîns manquent de chaux. Cela tient à leur mauvaise constitution géologique, ou encore à ce qu'ils se sont appauvris à la longue en cet élément, mais, au contraire, tous les sols Egyptiens sont riches en cet élément et cela prouve qu'ils sont toujours basiques.

Pour la détermination rapide de la teneur d'une terre en calcaire, nous avons fait usage du Calcimètre Bernard, dont le principe est le suivant : Le dégagement gazeux de CO_2 qui accompagne l'attaque du calcaire par un acide minéral (l'acide chlorhydrique étendu par exemple) est naturellement proportionnel à la quantité de calcaire décomposé. Si donc, on décompose tout le calcaire, et si on mesure rigoureusement la quantité de gaz carbonique dégagé, on aura un moyen d'en déduire la quantité de carbonate de calcium attaqué par l'acide.

Remarque importante. — La rapidité avec laquelle l'acide carbonique se dégage, indique la nature du calcaire que la terre renferme, si le dégagement est rapide, on peut affirmer que ce calcaire est terreux, actif, si, au contraire, le dégagement est lent, il est dû à la décomposition d'un calcaire compact, dont l'influence agricole sera bien moindre.

Détermination de l'acidité du sol (PH.)

Nous avons eu recours à la méthode colorimétrique. Le principe de cette méthode a été établi dès 1904 par deux savants allemands, Friédenthal et Salm; mais c'est à Sorensen que revient le mérite d'avoir donné à cette méthode sa forme actuelle, dans son travail fondamental sur les réactions enzymatiques (1909). On compare la solution à examiner à une série de solutions étalons de PH connu.

Lorsque la solution inconnue et la solution étalon, toutes deux colorées par un même indicateur convenablement choisi, donneront à l'œil une sensation de couleur identique, on admettra que ces deux solutions ont le même PH.

Pour déterminer le PH du sol, on pèse une petite quantité de ce dernier (10 grammes environ) bien séché à l'air libre et préalablement tamisé pour éliminer les débris de toute sorte et les pierres; on ajoute 3 cm^3 d'eau distillée et on laisse digérer 24 heures à température peu élevée pour éviter les fer-

mentations, après avoir agité le mélange quelques minutes afin d'homogénéiser le milieu. On filtre ou, mieux, on décante et on détermine le PH de la solution claire suivant la méthode décrite dans l'ouvrage de M. Kolthoff.

Avant de terminer cet exposé, de l'analyse chimique de la terre fine, nous trouvons qu'il est utile d'exposer la technique du dosage de sel de sodium dans l'échantillon N° 5 de terre d'Egypte dont nous donnerons le détail et l'analyse dans le chapitre IX.

Il est très facile de reconnaître la proportion de chlorure et, en particulier, de sel marin dans une terre arable.

On délaie 5 grammes de terre fine avec 100 cm³ d'eau distillée et on laisse digérer douze heures, puis on filtre. Le filtrat est traité par un peu d'acide azotique et quelques gouttes d'une dissolution de nitrate d'argent, on voit instantanément la liqueur se troubler, en la faisant bouillir pendant quelques instants, elle s'éclaircit, et il se forme au fond du vase un dépôt blanc-violet de chlorure d'argent. On filtre, on sèche et on pèse. Le poids obtenu multiplié par 20 donne la proportion de chlorure d'argent contenu dans les 100 grammes de terre. En sachant que 1 gramme de chlorure d'argent correspond à 408 milligrammes de chlorure de Na, il sera facile de déterminer le poids de ce sel contenu dans 100 grammes de terre.

On dose cet élément parce qu'il provoque la stérilité complète des terres dès que sa proportion dépasse 0,5 à 1 p. 100.

CHAPITRE III

LES SOLS DU MEDOC AU POINT DE VUE CLIMATIQUE

A la suite des travaux du Professeur Agafonoff, les cartes pédologiques décrivent les sols du Sud-Ouest de la France comme appartenant aux podsols.

On sait d'après Stremme, Handbuch der Bodenlehre, que ces sols sont caractérisés par les horizons suivants :

- A 0 Quelques centimètres d'humus et de débris végétaux dus à la décomposition des plantes et des feuilles d'arbres.
- A 1 10 à 30 centimètres d'une couche noirâtre constituée d'un mélange d'humus et d'éléments minéraux.
- A 2 5 à 30 centimètres d'une partie du sol pauvre en humus, à teinte claire, qui est caractéristique de ces podsols; c'est ce que l'on appelle « horizon délavé », l'horizon où ne pénètre pas de matières organiques dues à la décomposition des végétaux et où les éléments colloïdaux sont entraînés par la pluie vers la couche inférieure.
- B 5 à 30 centimètres, souvent plus, d'une couche brune dont la couleur tranche vivement avec la couche supérieure, beaucoup plus claire et avec la couche inférieure.
- C Le sous-sol de composition très variable.

Les analyses faites dans ces diverses couches montrent que les horizons A s'enrichissent en silice insoluble, tandis que les éléments phosphatiques et les carbonates sont entraînés plus ou moins partiellement par l'eau de pluie vers la profondeur.

Les matières colloïdales restent dans la couche A 1 superficielle, tandis que la couche (A 2) est lavée par l'eau qui s'est

déjà débarrassée des matières organiques dans la profondeur de (A). D'autre part, la couche (A) s'appauvrit en éléments fins et est riche en humus, tandis que B est déjà pauvre en humus et que C en est dépourvu.

Le caractéristique de la couche B est un enrichissement considérable, aussi bien par rapport à A que par rapport à C, en desquioxides de Fe^2O^3 et Al^2O^3 .

Cette accumulation d'éléments inorganiques en B est due à l'attaque chimique des éléments de la couche A par l'eau et l'humus; ces éléments sont entraînés à l'état dissous ou en pseudo-solution en profondeur et s'accumulent en B, zone où l'humidité se conserve, tandis que la zone A se dessèche pendant l'été.

Des podsoles de ce type bien caractérisé existent non loin du Médoc, dans les régions où le sol est le plus ancien, c'est-à-dire sur les hauteurs qui dominent Bordeaux dans la direction du sud-ouest, sur la ligne de Bordeaux à Arcachon. Cette région est déjà en dehors de ce qu'il est convenu d'appeler le Médoc.

Toutefois, comme il y a des transitions continues entre cette région et la région médocaine, nous décrirons un podsol observé à Cestas, à 7 kilomètres au sud-ouest de la station de Gazinet. Le sous-sol de cette région est encore formé par des sables alluviaux mêlés de gravier, apportés par un cours ancien de la Garonne. Ces sables se trouvent aujourd'hui à 40, 45, voire 50 mètres au-dessus du cours du fleuve actuel.

Sur ces bancs de gravier et de sable poussent des forêts de pins anciennes et exploitées pour la résine. Nous avons observé dans ces conditions les coupes suivantes :

- A o 5 centimètres d'un humus noir, formé de débris d'aiguilles de pins, de mousses et d'écorces d'arbres.
- A 1 20 centimètres d'un sable humifère noirâtre.
- A 2 25 centimètres d'un sable clair délavé caractéristique d'un podsol typique.
- B 1 4 centimètres d'une zone irrégulière brun noirâtre, tranchant véritablement sur la zone précédente et constituant visiblement une zone d'accumulation des sesquioxides.
- B 2 35 centimètres environ d'une zone brune plus ou moins bien délimitée vers le bas.
- C Un sable alluvial blanc mêlé de cailloux.

Il est hors de doute qu'un pareil sol se range parmi les podsols typiques, ou les sols de forêt à zone pâle, décrits par H. Stremme (Bleicherdewald-Boden) dans le *Handbuch der Bodenlehre*.

Il faut immédiatement remarquer qu'un pareil sol est presque l'exception dans la région médocaine. D'ailleurs, tous les pédologues ont remarqué que la structure des podsols se simplifie beaucoup, dès que la végétation n'est plus une végétation forestières. Dès que l'on passe à de la lande, où la chute de pluie est plus brutale, la couche A 2 typique disparaît et l'on ne trouve plus schématiquement que les horizons A et B.

Ces podsols dégradés sont très fréquents en Médoc dans toutes les régions où le sous-sol contient du sable ou du gravier.

Voici, par exemple, une coupe observée à l'est de Bordeaux, en pleine région médocaine, dans un pré (le 6 novembre 1931) :

A. — 50 centimètres de sable gris humifère.

B. — 25 centimètres de sable brun.

C 1 — 15 centimètres de gravier gris sablonneux.

C 2 — Du sable blanc.

On voit que dans ce sol de prairie, il y a une simplification considérable de la structure du sol. Comme dans beaucoup de régions du Médoc, la forêt est périodiquement abattue, soit à la suite d'incendies, soit pour l'exploitation du bois, sous forme de poteaux de mine (les arbres sont coupés alors entre 30 et 40 ans). Il ne faut pas s'étonner de trouver en beaucoup de points, même en forêt, la structure du podsol simplifié et non la structure du podsol typique.

Lorsque l'on passe aux champs cultivés, la structure du sol change, moins dans la superposition des couches que dans la nature de ces couches. Le sol, fréquemment retourné, est moins riche en matières humiques noires, plus riche en fer oxydé; il perd, par conséquent, sa teinte grise pour prendre toutes les fois qu'il contient du fer, une teinte jaune, tendant plus ou moins vers la teinture rouge ou tendant vers le gris.

A Saint-Médard-en-Jalles, sur des alluvions anciens, on observe ainsi des sols jaunes dans les vignes. Toutefois, dans le Médoc, les terres arables, les terres de vignobles, ont généra-

lement une teinte gris clair. Dans la lande sur sous-sol humide, le sol même travaillé garde une teinte grise très foncée, presque noire.

Le travail du sol a pour effet de dessécher la couche superficielle, de telle sorte que le climat du sol devient beaucoup plus méridional que le climat de la région; on transforme ainsi, par les façons culturales, un sol de forêt humide en un sol de steppe. Ce phénomène est en rapport avec les cultures : les plantes cultivées pour notre alimentation, qu'il s'agisse de blé, de maïs ou de la vigne, sont en effet des plantes de steppe ou de régions tempérées chaudes, importées aux époques historiques ou préhistoriques dans notre pays. La vigne ne prospère sous nos climats qu'à force de soins, de traitements anti-cryptogamiques alors que dans le pourtour du bassin méditerranéen, la vigne pousse sans aucun soin.

Le blé est, de même, originaire d'Asie mineure ou de région plus méridionale encore. Il y a donc là une modification des sols qui est en parfait accord avec tout ce que nous apprend la pédologie comparée et la géographie botanique.

Une structure analogue du sol s'observe encore sur un sous-sol calcaire, par exemple à la butte de Rivaux, sur du calcaire à Astéries :

A. — 30 centimètres d'un sol rougeâtre formé d'un mélange d'argile et de calcaire.

B. — 10 centimètres environ d'une couche irrégulière d'un gris noirâtre s'oxydant en surface en prenant une teinte rouge.

C. — Calcaire à Astéries d'un beau blanc.

Il est clair que ce sol peut à peine être considéré comme podsolique et que l'horizon que nous avons désigné comme B pourrait, à la rigueur, être rattaché à l'horizon A.

Enfin, il arrive que toute structure du sol disparaisse, lorsque le sous-sol imperméable est très près de la surface; c'est le cas, en beaucoup de points, de la lande typique; sur une argile imperméable on trouve de 30 à 60 centimètres d'un sable noir qui ne représente que l'horizon A. Toutefois, même dans ce cas, et si l'épaisseur du sable devient suffisante et dépasse 60 centimètres, on peut, à la belle saison, distinguer un horizon superficiel A gris de 40 à 60 centimètres et un horizon inférieur brun de 20 à 30 centimètres.

J'ai réservé pour la fin le type de sol le plus fréquent dans la lande typique, mais n'existant que dans le sud de la région médocaine, le sol à alios. Ces sols se forment sur les régions recouvertes de sable profond; ils n'existent pas lorsque le sous-sol est formé de gravier ou d'argile, à profondeur inférieure à 1 mètre, mais là où le sable atteint plusieurs mètres d'épaisseur, l'eau de pluie accumule les sesquioxydes à une profondeur variant de 60 centimètres à 2 mètres; c'est la zone d'accumulation brune que nous avons désignée jusqu'ici par B. Mais ici les sesquioxydes soudent les grains de sable de manière à en former une masse compacte et continue, sorte de dalle de grès, s'étendant sur toute la surface de la région, que l'on nomme « alios ». Cet alios est proche de la surface du sol, lorsque le sol est élevé; ainsi à Croix-d'Hins, région située sur un dôme à plus de 60 mètres d'altitude, l'alios se trouve à moins de 50 centimètres de profondeur. Lorsque l'on descend vers Pierroton, Gazinet, l'alios est un peu plus profond, jusqu'à 1 mètre. L'alios est imperméable; l'eau s'accumule dans le sol, puis sur le sol, de sorte que le sol de la forêt est inondé en hiver, malgré sa constitution sablonneuse. Les exploitations de forêts combattent l'inondation en creusant des canaux dont le fond repose sur la couche d'alios et quelquefois l'entame. Ces sols à alios ont été décrits en 1928 par le professeur Agafonoff, à Pierroton et à Mont-de-Marsan. Dans la propriété de M. Nazot, à Pierroton, M. Agafonoff a trouvé l'alios à 60 centimètres environ de profondeur. Il a dénommé horizon D cet horizon aliotique; à l'exemple de Stremme, nous dénommons horizons B tous les horizons d'accumulation de sesquioxydes, et en particulier l'horizon aliotique. Il faut remarquer que, dans le Médoc proprement dit, la zone à alios est fort restreinte, car la plus grande partie du sous-sol est faite d'alluvions argileuses ou graveleuses.

CHAPITRE IV

DIVERS TYPES DES SOLS DU MEDOC

Les considérations précédentes permettent de rendre compte de la structure des sols de forêts, des sols sauvages peu atteints par la main de l'homme. Elles ne permettent en aucune façon de rendre compte de la distribution des cultures dans le Médoc intéressant, c'est-à-dire le Médoc agricole. Pour expliquer cette répartition, il faut absolument faire appel à la structure géologique du Médoc. Le Médoc est constitué d'une succession de terrasses abandonnées par la Gironde et la Garonne à l'époque quaternaire. Ces alluvions sont indiquées d'une façon très incomplète sur les feuilles Bordeaux et Lesparre de la carte géologique. Plus tard, Blayac a publié (1913-1916) une esquisse rapide des terrasses de la Garonne, sans indiquer leur répartition précise dans la topographie. Nous avons consulté, pour les sols des dunes, les travaux de B. Saint-Jours, qui tendent à montrer la fixité relativement très grande du cordon littoral de dunes.

L'étude et la systématisation de ces terrasses est poursuivie en ce moment par M. Fabre, sous la direction du professeur Daguin, au Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Bordeaux.

Nous remercions M. Fabre des indications verbales qu'il a bien voulu nous donner et qui ont orienté l'ensemble de notre travail. Nous laisserons de côté, pour l'instant, la systémati-

sation géologique de ces terrains de terrasses et nous nous contenterons de classer d'une manière purement empirique les divers terrains rencontrés, d'une façon qui rende compte de leurs propriétés au point de vue agricole. Nous laissons aux géologues le soin d'établir une concordance plus ou moins précise entre les terrains ainsi distingués et les terrasses définies du point de vue géologique.

On rencontre dans la région médocaine cultivée en vignobles, des sortes de collines lenticulaires de gravier, sur lesquelles poussent les vignobles les plus fameux. Ces collines dominant le reste du pays d'une hauteur qui ne dépasse pas 5 à 10 mètres ont reçu dans la région le nom de croupes; elles ne peuvent, en effet, être mieux comparées qu'à la croupe d'un cheval, leurs pentes sont beaucoup trop douces pour évoquer l'idée d'une colline telle qu'on l'entend couramment. Ces croupes sont évidemment des îlots de gravier abandonnés par un fleuve ancien et font partie des terrasses distinguées par les géologues.

Comme la systématisation des terrasses, leur carte, n'ont point été publiées, nous ne parlerons plus de terrasses, mot qui a un sens géologique bien défini, mais nous parlerons de croupes, mot qui a un sens agronomique correspondant exactement à nos principes de classification et qui est adopté depuis longtemps dans le pays.

Nos observations sur le terrain nous ont conduits à distinguer dans le Médoc, constituant approximativement des bandes juxtaposées nord-sud, douze zones successives :

Voici ces zones, allant de l'ouest à l'est :

1.

Zone de la dune côtière.

Zone immédiatement au bord de la mer soumise à l'influence des vents marins et des embruns.

Sol de sable pur, pas d'arbres, végétation caractéristique arénophile : *Psamma arenaria*, sur le bord de la dune. *Eryngium maritimum*, sur toute la dune. Une vingtaine d'espèces tout à fait spéciales vivent dans cette région où le sable est toujours sec en surface.

La largeur de cette zone varie de trois cents à huit cents mètres. Cette zone est très nette du côté de Laca-

nau; on la retrouve jusqu'à l'Amélie (commune de Soulac-sur-Mer), elle se restreint beaucoup au nord de Soulac.

2. **Zone de la dune boisée.**

Forêts de pins maritimes sur un sol sablonneux pauvre en humus, ne laissant reconnaître aucune structure; ce sol est très perméable, valonné par suite de l'action ancienne des vents. La flore est également particulière et riche, entre autres en Hélianthème. Cette zone, de 3 à 5 kilomètres de large; elle s'étend régulièrement de la Pointe-de-Grave jusqu'à la Pointe du Cap-Ferret, qui ferme le bassin d'Arcachon, et reprend au sud jusqu'à l'embouchure de l'Adour.

3. **Zone des étangs.**

Au pied des dunes précédentes s'étendent, du nord au sud, des étangs alternant avec des marais. Cette zone commence au marais de la Perge, se continue par des marais divers jusqu'à l'étang d'Hourtins, qui a plus de 30 kilomètres de long et que des marais relient à l'étang de Lacanau. D'autres marais vont de l'étang de Lacanau au bassin d'Arcachon.

Cette zone a de 1 à 5 kilomètres de large, et les bords des étangs ont une flore typique des bords des eaux.

4. **Zone des sables profonds.**

A la zone des étangs succède une zone sablonneuse dont le sous-sol est perméable. Dans cette zone, en raison de l'écoulement facile de l'eau vers un plan d'eau voisin (plan d'eau des étangs), les processus de podsolisation sont incomplets; l'alios ne se forme pas comme dans le cas où l'eau stagne dans le sable.

Cette zone est bien visible à Lacanau, et sur les bords du bassin d'Arcachon (Arès, Andernos, Taussat); à l'est, elle passe insensiblement à la zone aliotisée, et sa limite est ne saurait être déterminée que par une série de sondages.

5. **Zone des sables sur alios.**

A la zone des sables profonds succède bientôt une zone de sable, ayant formé dans le sous-sol une couche imperméable d'alios. Les sables sont d'origine éolienne; la végétation est constituée par des pins et de hautes bruyères (*Erica tetralix*).

Cette zone est la zone landaise typique. Elle commence, à l'ouest de Bordeaux, après la station de Gazinet, sur la ligne d'Arcachon. Elle se poursuit sans interruption jusqu'à l'ouest de Marcheprime. Au nord, par contre, elle est remplacée bientôt par la zone suivante; en sorte qu'à l'ouest de Saint-Médard-en-Jalles, à Salaunes, à Sainte-Hélène, à Brach, on ne retrouve plus d'alios, mais le sable directement sur argile.

6. **Zone des sables sur argile.**

Cette zone est très nette à l'ouest de Castelnau-du-Médoc : elle commence un peu en avant du hameau de

Au nord de la zone précédente, on trouve des sables sur terrain imperméable d'argile, provenant des alluvions anciennes de la Garonne. La flore est la même que dans la Touléron et se continue jusqu'au village de Brach.

7. **Zone des graviers élevés.**

Le sous-sol de cette zone est formé comme pour la précédente de terrains d'alluvions, mais tandis que précédemment les argiles étaient la règle et les graviers l'exception, cette fois, les bancs de gravier sont la règle, zone des sables sur alios; l'imperméabilité du sous-sol est la même dans les deux cas; le sol est presque toujours mouillé et même inondé en hiver.

les bancs d'argile l'exception (argiles de l'Alouette). Cette zone est profondément différente par la structure de son sol et par sa végétation, des zones précédentes.

La podsolisation conduit à la formation d'une couche brune qui n'est jamais imperméable. Les vents toutefois ont recouvert une partie de cette région de sables; cependant, ces sables contiennent toujours une proportion faible mais notable de gravier. (Région entre Castelnau-du-

Médoc et Blanquefort.) Au nord, les graviers prédominent et constituent de véritables croupes, à une altitude comprise entre 30 et 45 mètres. Ces croupes portent les vignobles de Listrac et du nord de Castelnau-du-Médoc. Cette région commence, d'ailleurs, à 3 kilomètres environ au nord de Listrac.

Nous retrouvons à Saint-Aubin, à Saint-Médard, puis entre l'Alouette et Pessac des vignobles (Pape Clément), sur des graviers analogues et à la même altitude. Toutefois, dans les régions intermédiaires, les sables d'origine éolienne ont recouvert plus ou moins profondément les graviers. Dans tous les cas, cette région contraste par la sécheresse de son sol et la possibilité des cultures diverses, et surtout celle de la vigne, avec les régions précédentes.

8.

Les affleurements calcaires.

Au pied de la région précédente, le sous-sol ancien de la région se trouve en plusieurs points à nu : à l'est de Lesparre, sous les communes de Civrac, Bégadan, Blaignac, Ordonnac, Saint-Germain-d'Esteuil, et enfin Vertheuil; puis au sud, à Saint-Laurent-du-Médoc; plus au sud encore à Castelnau-du-Médoc, dans ce dernier cas exactement au pied des croupes de grave élevées.

Les affleurements principaux sont constitués d'une part, par le calcaire à Astéries oligocène de Bourg (Saint-Laurent, Saint-Sauveur) et, d'autre part, par le calcaire éocène (calcaire de Saint-Estèphe).

Ces sols calcaires ont été presque toujours mis à jour récemment, en sorte que la charrue déplace des fossiles et creuse littéralement dans la couche ancienne. Il n'y a alors pas de sol au sens climatique ou pédologique du mot. Ces régions sont d'ailleurs fertiles, portent des cultures, entre autres des vignes donnant des vins non classés. Dans la région, il y a quelques affleurements marneux qui sont intéressants au point de vue géologique (marnes et mollasses d'Artigues). La surface des affleurements qui se présentent toujours à flanc de coteau, est vraiment trop faible pour que nous lui accordions une description spéciale.

9.

Zone intermédiaire.

Cette zone, qui commence au sud-est de Lesparre, se trouve au pied des croupes de grave élevées et des affleurements calcaires décrits précédemment. Le sous-sol est formé d'un mélange de sable et de gravier, en lits alternés. Ce sont des sols profonds, secs, portant des bois, des cultures, des vignes par endroits, mais qui produisent des vins non classés. Le sol ne montre qu'une très faible podsolisation.

10.

Les croupes de grave profonde.

Ce sont les croupes de grave (grave est le terme employé dans le Bordelais pour désigner le mélange de sable et de gravier qui caractérise ces terrains) qui s'étendent le long de la Gironde, du Nord au Sud de Saint-Estèphe à Cantenac, séparées en cinq tronçons par des palus, nettement distinctes par le relief de la zone intermédiaire précédente. Les graviers y atteignent de 10 à 20 mètres de profondeur, reposant en beaucoup d'endroits sur des calcaires et montant jusqu'à une altitude de 25 à 31 mètres (Haut-Brion), (leur altitude moyenne étant aux environs de 18 mètres).

C'est cette région qui porte, à deux exceptions près, tous les crus classés. Ces crus se groupent, d'ailleurs, sur les croupes de Margaux, de Pauillac et de Saint-Estèphe; les croupes d'Arcins-Lamarque et de Cussac portent également des vignobles, mais moins estimés.

11.

Croupes de grave superficielle.

Ces croupes se trouvent au nord de la région du Médoc; la première se rencontre à Talais, elles portent ensuite tous les villages sans exception du Bas-Médoc : Saint-Vivien, Vensac, Jau-Dignac-Loirac, Queyrac, Saint-Christoly, Valeyrac, etc...; les altitudes restent toujours inférieures à 15 mètres, ne dépassant généralement pas 10 à 12 mètres.

Nous rattachons à ce même ensemble, par analogie de structure, les croupes de grave de Macau, de Labarde et de Ludon, à 15 et 20 kilomètres au nord de Bordeaux.

Ces croupes également sont d'une altitude de 10 à 12 mètres. Elles sont formées de gravier relativement peu épais (de l'ordre de 3 à 10 mètres), reposant sur un sous-sol souvent imperméable. Dans tous les cas, elles portent des cultures et des vignobles donnant des vins de qualité moyenne.

Il faut remarquer que tous les villages du bord de la Garonne sont placés sur des graviers appartenant à l'une ou l'autre des deux zones précédentes.

12.

Les palus ou marais.

Sol argileux, imperméable, déposé récemment par la Garonne, soit en bordure même du fleuve, soit dans des sortes d'estuaires anciens, séparant les croupes de grave précédemment décrites, (marais de la Jalle de Saint-Médard, marais de Labarde, marais d'Arcins, marais de Saint-Laurent, marais de Beychevelle et de Saint-Estèphe). Au nord, ces formations prennent une grande importance (marais de Queyrac, Saint-Vivien, Talais).

Ces palus drainés et assainis portent des pâturages, parfois, aux bords mêmes de la Garonne, des vignobles (région de Macau); dans les régions non drainées, des marais (allées de Boutaut, marais d'Arcins).

Nous n'étudierons pas en détail les sols de toutes ces régions; les sols de la dune et des étangs, les sables profonds ne présentent pas d'intérêt. Nous étudierons ensemble les sables sur sous-sol imperméable, puis les diverses zones que nous avons distinguées à l'est des zones précédentes et qui portent toutes les cultures qui font la richesse du Médoc.

CHAPITRE V

SOLS CALCAIRES

Le calcaire affleure en des taches assez étendues dans le Bas-Médoc; de Saint-Germain-d'Esteuil à Bégadan et à l'est de Vertheuil; la roche en surface est le calcaire de Saint-Estèphe, caractérisé par des fossiles d'estuaires ou de côte peu profonde : ce sont des huîtres, comme « *Ostrea Bersonensis* », « *Anomia Girondica* », et des oursins, comme « *Echinolâmpas ovalis* ». La zone inférieure est formée de fossiles de mer plus profonde, où abondent les Foraminifères.

Au sud de cette région, à Saint-Sauveur, Saint-Laurent-du-Médoc et Castelnau-du-Médoc, affleure le calcaire à Astéries, qui se trouve géologiquement au-dessus du calcaire précédent. Il renferme comme fossiles des Polypiers et de nombreuses espèces de Gastéropodes, principalement des Cérithes; *Natica crassatina* Jorbo Parkinson.

Au point de vue de l'aspect, le calcaire de Saint-Estèphe est généralement blanc, et donne des sols blancs; le calcaire à Astéries coloré en jaune, par l'oxyde de fer, donne des terrains de couleur jaune. En plusieurs endroits, le sol est formé par la décomposition du calcaire mélangé à une petite quantité de sable d'origine visiblement éolienne. Le calcaire de Saint-Estèphe donne les sols les plus simples : ne contenant presque pas d'argile, pas de fer, c'est-à-dire pas de sesquioxides, il ne peut se former de zones d'accumulation et de

réduction. C'est ainsi que nous avons observé, à Meynieu, à la butte d'Ordonnac, à la butte de Civrac à Cigognac et enfin à Cigognac, la structure très simple suivante :

A. — 10 à 60 c/m d'un sol gris plus ou moins blanchâtre homogène léger.

B. — Calcaire sous-jacent, blanc.

Nous donnons dans le tableau ci-contre la composition de trois de ces sols, prélevés dans des vignes à Cigognac, Ordonnac et Civrac.

Le sol est formé par moitié au moins, sinon par les quatre cinquièmes de calcaire. Toutefois, on y trouve toujours une proportion non négligeable de gravier et de sable siliceux. Ces éléments ont été amenés visiblement par le ruissellement ou le vent. Dans tous les sols du Médoc, nous trouvons ces apports de sable, qui ne masquent, d'ailleurs, nullement l'origine du sol.

Les teneurs en phosphate de ces sols sont, — contrairement à ce que l'on pourrait attendre d'un sol calcaire, — relativement pauvres, sauf à Cigognac. Cette irrégularité des teneurs en phosphate des sols calcaires se retrouvent d'ailleurs, dans toutes les recherches portant sur les sols, notamment dans la grande monographie de M. Pouget sur les sols de la région de Sétif.

Le pH de ces sols est très voisin de la neutralité.

Le calcaire à Astéries donne des sols un peu plus compliqués, en raison de la petite quantité d'argile et de fer qu'il contient. A la butte de Rivaux, nous avons pu distinguer les couches suivantes :

A. — 30 c/m d'un sol rouge superficiellement, gris rougeâtre en dessous, assez riche en argile.

B. — 10 c/m d'une couche d'un gris noirâtre s'oxydant pour devenir rouge en surface.

C. — Calcaire à Astéries très tendre jusqu'à 1 m. 50 de profondeur d'un beau blanc. Le sol qui résulte de cette roche est jaune tirant plus ou moins sur le brun ou le rouge.

Dans un autre échantillon prélevé aux environs de Saint-Laurent, nous avons trouvé les mêmes caractères de couleur et de texture. L'analyse physique montre dans ces terres une

Sols Sur-Calcaire de Saint-Estèphe

1. — Analyse Mécanique du Sol total.									
N° s	Date	LIEU	Couche	Culture	Cailloux	Gravier	Sable grossier	Sables fins	Humus
8	10/5/31	CIVRAC Marne Blanche..	A	Vignes	00	402	162	416	8
9	» » »	CIVRAC Calcaire de SAINT-ESTÈPHE..	»	Vignes	00	402	120	285	
10	» » »	GIGNAC.....	»	Vignes	162	270	171	300	72
11	» » »	ORDONNAC.....	»	Vignes	162	113	72	70	
					409	230	251	360	53
					409	170	115	90	
					172	213	217	387	
					172	213	139	280	
2. — Analyse Chimique de la terre fine (éléments grossiers, et fin s, humus).									
N° s	Date	LIEU	Couche	Culture	CO ₂ Ca	P ₂ O ₅	pH		
8	10/5/31	CIVRAC Marne Blanche..	A	Vignes	75	1,93	7,2		
9	» » »	CIVRAC Calcaires de SAINT-ESTÈPHE..	»	Vignes	77	1,95	7,6		
10	» » »	GIGNAC.....	»	Vignes	81	1,035	7,5		
11	» » »	ORDONNAC.....	»	Vignes	101	0,693	7,7		

Ces sols sont très calcaires; la seconde ligne porte la fraction calcaire des divers éléments lithologiques.

Tableau N° 2

Sols Sur-Calcaire à Astéries

1. — Analyse Mécanique du Sol total.									
N°s	Date	LIEU	Couche	Culture	Cailloux	Gravier	Sable grossier	Sables fins	Humus
5	10/5/31	Butte de RIVAUX.	A	Prés	210	142	390	187	73
6	» » »	» » »	B	»	396	152	263	190	
10	3/6/31	Entre S ^t LAURENT & SAINT-JULIEN.	A	Vignes	396	152	248	171	
					76	133	580	185	48
					21	23	27	120	
2. — Analyse Chimique de la Terre fine (éléments grossiers, él. fins, humus).									
N°s	Date	LIEU	Couche	Culture	CO ₃ Ca	P ₂ O ₅	pH		
5	10/5/31	Butte de RIVAUX.	A	Prés	59	1,66	7,5		
6	» » »	» » »	B	»	192	2,21	7,9		
10	3/6/31	Entre S ^t LAURENT & SAINT-JULIEN.	A	Vignes	37	1,98	5,2		

Ces sols sont très calcaires; la seconde ligne porte la fraction calcaire des divers éléments lithologiques.

proportion importante de sable grossier et de sable fin siliceux, constituant entre la moitié et les trois-quarts du sol. Ces derniers caractères semblent tenir moins à la constitution de la roche-mère qu'à la situation géographique des affleurements : les affleurements du calcaire à Astéries affectent la forme de taches assez limitées au milieu de la zone sablonneuse; ces affleurements sont toujours dominés par des terrains plus élevés constitués de gravier et de sable : les affleurements de calcaire de Saint-Estèphe couvrent des surfaces beaucoup plus étendues et sont beaucoup moins dominés par les alluvions modernes.

Pour faire l'histoire d'un sol, il faut donc se rendre compte de tous les éléments qui ont influé sur la nature de ces sols, et qui ont pu altérer la composition de la roche sous-jacente. Dans tous les cas, ces terrains calcaires se distinguent nettement des terrains purement siliceux que nous trouverons plus tard.

Le calcaire de Saint-Estèphe porte à peu près partout des cultures et des vignes qui rentrent dans les crus non classés du Médoc. Le calcaire à Astéries porte des prés ou des bois, mais beaucoup plus rarement des vignes. Par ses utilisations, le sol du calcaire à Astéries se rapproche évidemment beaucoup des terrains siliceux, comme il s'en rapproche dans sa composition.

CHAPITRE VI

LES SABLES DES LANDES

La carte géologique porte sur d'immenses étendues de la région médocaine l'indication laconique : sable des Landes.

Une étude attentive de ces terrains montre que l'on a réuni sous la même dénomination des formations géologiques diverses et des sols plus divers encore. Disons tout de suite que toute la région notée « Sable des Landes » sur la feuille « Lesparre » et sur la moitié nord de la feuille « Bordeaux » de la carte géologique a un sous-sol et même un sol essentiellement constitué par des terrains d'alluvions fluviales. Nous étudierons dans un prochain chapitre ces zones d'alluvions fluviales. Nous considérerons comme sables des Landes, les sables apportés par le vent, c'est-à-dire d'où les cailloux sont pratiquement absents. Nous considérerons que des éléments supérieurs à 2 m/m sont apportés par le ruissellement ou par le fleuve, mais non par le vent. La délimitation de cette région et de la région d'alluvions fluviales semble difficile et arbitraire : le sable des Landes a recouvert en partie les alluvions, s'est mélangé à elles. Toutefois, la distinction est beaucoup plus nette qu'on ne pourrait le croire au premier abord, si l'on prend soin d'observer une coupe de sol jusqu'à une profondeur de 2 mètres environ : dans les régions d'apports éoliens, on a affaire à une masse uniforme de sable ou de sable contenant très souvent de l'aliolite; dans les régions d'apports alluviaux on trouve à faible profondeur des graviers ou des argiles.

Les Sables des Landes

1. — Analyse Mécanique du Sol total.									
N°s	Date	LIEU	Couche	Culture	Cailloux	Gravier	Sable grossier	Sables fins	Humus
5	3/6/31	Moulin de BRACH.	A	Bois	00	68	650	233	52
6	» » »	TOULERON	»	Champ	38	82	557	280	48
9	6/11/31	BRACH-ST-HÉLÈNE	»	Bois	00	25	623	297	51
2. — Analyse Chimique de la Terre fine (éléments grossiers, él. fins, humus).									
N°s	Date	LIEU	Couche	Culture	CO ³ Ca	P ² O ⁵	pH		
5	2/6/31	Moulin de BRACH.	A	Bois	00	0,458	6,3		
6	» » »	TOULERON	»	Champ	00	0,548	6		
9	6/11/31	BRACH-ST-HÉLÈNE	»	Bois	00	0,695	5,5		

La distinction entre le sous-sol de gravier et le sous-sol d'argile a une importance énorme au point de vue des cultures, de la végétation et de toute la structure du sol : la présence d'argile à faible profondeur rend le sol humide, sinon presque constamment noyé; la végétation est celle de la lande typique. Dans la lande typique, les sondages indiquent des profondeurs de sable allant jusqu'à 20 mètres et plus, mais à faible profondeur, l'alias décrit précédemment forme manteau imperméable, qui a pour effet de rendre le sol tout aussi humide, et tout aussi pauvre que le sous-sol d'argile. Aussi, d'après un examen superficiel, la lande sur argile ne se distingue-t-elle point de la lande sur alias. La lande sur argile semble le cas général en Médoc : à l'est de Castelnau, elle commence au lieu dit Touleron, se retrouve à Brach; on la suit ensuite vers le sud à Sainte-Hélène, à Salaunes, sous la lande de Captieux, à Illac.

Vers le sud, elle devient de moins en moins importante; aux environs de Gazinet, les bancs d'argile ont une étendue très limitée et se trouvent englobés au milieu des graviers. Ce phénomène est facile à comprendre : ces argiles ont été déposées dans un estuaire, ou au large d'un estuaire ancien de la Garonne, estuaire qui devait s'étendre à peu près sur toute la région du Médoc actuel, ou du moins à l'ouest du Médoc actuel; les argiles se sont déposées au large et au delà de la région où se déposaient les graviers et les sables. L'alias s'est bien développé au sud-ouest de cette région. Dans tous les cas, le sol est formé d'un sable noir apparemment dépourvu de cailloux, de gravier sur de très grandes étendues; c'est un mélange de sable et d'humus dont la réaction est nettement acide. Nous donnons, ci-dessous, trois analyses seulement, ces sols étant très peu variés dans leur constitution.

Au microscope, le sable apparaît formé essentiellement de quartz; les éléments colorés dans leur masse sont très rares. Par contre, le quartz est fréquemment teint par des particules noirâtres d'humus. La dimension des éléments est faible, comprise généralement entre 0,01 et 1 m/m. Peu de cultures sont possibles dans ces sols inondés plus de la moitié de l'année.

CHAPITRE VII

LES ZONES DE GRAVES

A. — Zone des graviers élevés.

Cette zone commence au nord de Listrac et s'étend vers le Sud sur une largeur qui va progressivement en croissant; à la hauteur de Blanquefort, au nord immédiat de Bordeaux, elle va des environs du Taillan à deux kilomètres à peu près à l'ouest du hameau de Hastignan, soit sur une largeur de huit kilomètres.

Nous avons fait une vingtaine d'analyses de ces terrains de graviers, dans les localités réparties entre Gazinet et l'Alouette au sud, et Listrac au nord. La proportion de gravier dans le sol superficiel est toujours variable, et va de dix à trente pour cent. Les sables prédominent et forment en surface du 40 à 72 pour cent. Toutefois, ce sont des sables grossiers, les sables fins sont en beaucoup plus petite quantité. Il est visible que dans cette région, nous avons un mélange en surface entre les alluvions du fleuve et le sable provenant des Landes. Cependant, malgré les apparences, les caractères de ces sols sont bien ceux du sol de gravier profond : perméabilité, grande profondeur, sécheresse en hiver, fraîcheur en été. Les vignes, les cultures maraîchères sont développées dans cette région. A l'ouest de Pessac, c'est le cru du Pape-Clément; au nord de Castelnau, ce sont les vins de Listrac.

Vers l'ouest, les forêts couvrent une partie de cette région. Il y a là encore des réserves de terrains utilisables en cultures

marais ou en vignes, pour le cas où l'on aurait besoin d'étendre ces cultures. Les terrains les meilleurs semblent être ceux qui sont au nord de Lustrac et qui reposent directement sur le calcaire à Astéries.

L'analyse chimique montre une pauvreté relative en phosphate, une acidité presque toujours faible, mais nette et générale. Les terrains, là encore, constituent une zone de transition entre les alluvions fluviales situées plus à l'est et les sables éoliens qui s'étendent à l'ouest.

En certains points, le sous-sol, parfois le sol, est fait d'argile; nous donnons deux analyses d'échantillons d'argile, prélevés à l'exploitation de l'Alouette. Ces argiles semblent dépourvues de fossiles, et pauvres en phosphates.

B. — Les croupes de grave profonde.

Il est évident qu'il n'est pas très légitime de comparer les sols qui sont, depuis des siècles cultivés et labourés, à des sols qui ont toujours été couverts de forêts : il est pourtant difficile de faire autrement, car, dans la région des graviers profonds, il est à peu près impossible de trouver une forêt ancienne, et, dans la zone de sable des Landes typiques, il est à peu près impossible de trouver une vigne ancienne.

Aussi, les caractères révélés par les tableaux d'analyses sont-ils quelque peu contingents et ne caractérisent point le sol au sens pédologique du mot. On remarque une teneur assez faible en humus, une teneur médiocre en phosphates. C'est dans la structure physique de ce sol qu'il faut rechercher ses propriétés au point de vue cultural, beaucoup plus que dans sa composition chimique. Toutes les fois que la vigne pousse sur un sol mouillé, elle donne dans les années courantes des vins pauvres en alcool et dépourvus de finesse; si elle pousse sur des coteaux trop secs, la quantité de récolte diminue beaucoup, les vins tendent à se rapprocher des vins de liqueur.

Les graviers profonds sont caractérisés par un plan d'eau très éloigné de la surface du sol, mais pourtant accessible aux racines, ce qui évite à la plante de souffrir de la sécheresse; d'autre part, la masse considérable de gravier qui est au-dessus du plan d'eau permet aux racines de la plante de se procurer les sels minéraux nécessaires sans absorber en même

Tableau N° 4

Zone des Gravier Élevés

1. — Analyse Mécanique du Sol total.									
N° s	Date	LIEU	Couche	Culture	Cailloux	Gravier	Sable grossier	Sables fine	Humus
1	3/6/31	TAILLAN.....	A	Vignes	00	104	718	140	27
2	»	BERNET.....	C	Bois	402	163	380	28	22
3	»	LYLI.....	A	Vignes	33	84	760	90	20
4	»	CASTELNAU....	C	»	320	307	233	114	17
7	»	LAMBERT.....	A	»	175	260	247	201	33
8	»	MAUVESIN.....	A	»	223	195	425	135	27
9	»	LISTRAC n/.....	A	»	198	210	385	170	35
4	22/6/31	LISTRAC.....	A	»	125 13	233 34	448 21	147 10	35
4	24/7/31	GAZINET.....	A	Bois	183	136	473	182	30
5	»	»	B	»	655	160	73	110	8
5	»	L'ALOUETTE....	A	»	66	115	440	350	26
7	»	»	B	»	00	60	313	590	32
8	»	»	C	»	00	00	88	860	39
9	»	»	argile grise argile noire		00	00	45	910	4
10	»	»			00	00	12	930	53
1	29/10/31	SAINT-AULIN....	A	Bois	00	40	916	42	
2	»	BICHON.....	A	Champ	17 2	182 31	560 13	221 2	16

Les sols N° 4 du 22/6/31 et N° 2 du 29/10/31 sont un peu calcaires ; la seconde ligne de chacun d'eux porte la fraction calcaire des divers éléments lithologiques.

Zone des Gravieres Élevés

2. — Analyse Chimique de la Terre fine (éléments grossiers, él. fins, humus).

N°s	Date	LIEU	Couche	Culture	CO ₂ Ca	P ₂ O ₅	pH
1	3/6/31	TAILLAN.....	A	Vignes	00	0,031	6,2
2	»	BERNET.....	C	Bois	00	0,183	6,2
3	»	LILL.....	A	Vignes	00	0,213	6,3
4	»	CASTELNAU.....	C	»	00	0,193	5,6
7	»	LAMBERT.....	A	»	00	0,631	6,1
8	»	MAUVEZIN.....	A	»	00	0,620	5,3
9	»	LITTAC n/.....	A	»	00	0,758	6,6
4	22/6/31	LISTRAC.....	A	»	17	4,042	7
4	24/7/31	GAZINET.....	A	Bois	00	0,638	5,2
5	»	»	B	»	00	4,196	5
6	»	L'ALOUETIE.....	A	»	00	0,031	5,8
7	»	»	B	»	00	0,186	5,2
8	»	»	C	»	00	1,043	5,1
9	»	»	argile grise		00	traces	6
10	»	»	argile noire		00	traces	4,8
1	29/10/31	SAINT-AUBIN....	A	Bois	00	0,432	6,6
2	»	BICHON.....	A	Champ	8	4,19	6,5

Les Croupes de Grave Profonde

1. — Analyse Mécanique du Sol total.									
N° s	Date	LIEU	Couche	Culture	Cailloux	Gravier	Sable grossier	Sables fins	Humus
2	10/5/31	PAUILLAC....	A	Vignes	260	180	300	245	11,5
1	»	»	B	»	540	210	475	75	1
11	3/6/31	SAINT-LAURENT.	C	»	365	305	219	102	6
12	»	»	A	»	273 30	498 20	327 32	480 55	45
13	»	BEYCHEVELLE....	A	»	160	216	444	453	25
14	»	»	B	»	218	202	410	145	12
15	»	MARGAUX.....	A	»	413	67	618	152	30
1	22/6/31	ARCINS.....	A	»	386	170	300	105	32
2	»	CUSSAC.....	A	»	463	106	480	200	42
3	»	SAINT-JULIEN...	A	»	244 45	236 23	355 10	138 9	26
4	24/7/31	MÉDOQUINE.....	A	Prés	408	160	314	90	22
2	»	»	B	»	90	114	660	106	32
3	»	»	C	»	000	125	640	220	13

Les sols N° 12 de St-Lauren & N° 3 de St-Julien, sont légèrement calcaires; la seconde ligne porte la fraction calcaire des divers éléments lithologiques.

Les Croupes de Grave profonde

2. — Analyse Chimique de la Terre fine (éléments grossiers, él. fins, humus)							
N° s	Date	LIEU	Couche	Culture	CO ₃ Ca	P ₂ O ₅	pH
2	10/5/31	PAUILLAC.....	A	Vignès		1,003	6
1	»	»	B	»		0,882	6,1
11	3/6/31	SAINT-LAURENT .	C	»		1,092	6,4
12	»	»	A	»	44	0,993	7,3
13	»	BEYCHEVELLE ...	A	»		0,615	6,4
14	»	»	B	»		1,310	6,3
15	»	MARGAUX.....	A	»		1,134	6,1
1	22/6/31	ARCINS	A	»		1,027	6,7
2	»	CUSSAC.....	A	»		1,090	5,6
3	»	SAINT-JULIEN ...	A	»	10	1,250	6,9
1	24/7/31	MÉDOQUINE.....	A	Prés		0,373	6,6
2	»	»	B	»		0,690	6,3
3	»	»	C	»		1,03	6,6

temps des quantités d'eau considérables. Ces sols profonds sont frais et humides en été en profondeur, sans être mouillés en hiver. Il semble qu'il y ait là la cause principale des qualités de ces terres au point de vue agricole. Peut-être aussi faut-il faire intervenir l'aération du sol, mais nous ne possédons à ce sujet aucune donnée. La comparaison qualitative des éléments lithologiques dans les diverses régions de gravier de la Gironde ne nous a pas permis de distinguer de différences constantes ou nettes. A l'époque où ces amas de gravier ont été accumulés par le fleuve, les Pyrénées étaient déjà considérablement érodées, et sans doute à un état voisin de l'état actuel. Cet état a peu changé au cours des périodes quaternaires, pendant lesquelles se sont déposés ces graviers, en sorte qu'il n'y a pas de différence visible entre la nature des graviers déposés à cinquante mètres d'altitude et ceux déposés à une dizaine de mètres.

La teneur en fer en particulier est excessivement variable d'un gisement à l'autre, et souvent entre les divers points d'un même gisement, à quelques mètres de distance.

De même les teneurs en phosphates sont variables tout en se maintenant dans les limites analogues : entre 0,6 et 1,3 grammes par kilog. Il semblerait, toutefois, que les sols de gravier profond aient une teneur en phosphates plus constante et en moyenne nettement supérieure aux teneurs en phosphates des sols situés à un niveau plus élevé. Cependant, étant donné l'irrégularité des analyses, nous ne saurions affirmer la généralité du fait.

Les sols de gravier profond sont sensiblement neutres à de rares exceptions près. Les sols de graviers élevés sont parfois acides, ce qui les rapproche des sols des Landes. Cette neutralité du sol est due au caractère légèrement alcalin des eaux et des alluvions de la Garonne, tandis que l'humus qui s'accumule surtout dans la région landaise entraîne une acidification importante du sol.

La délimitation de cette région des croupes de grave profonde, se fait très facilement sur le terrain : ce sont des collines lenticulaires de graviers formant dôme dans toutes les directions. Lorsque venant de l'intérieur, on se dirige de l'ouest vers l'est, vers la Garonne, on monte sur ces coteaux de 5 à 10 mètres seulement, mais cependant suffisamment pour ne

pouvoir se tromper. Ce sont ces propriétés topographiques qui nous ont permis de les distinguer facilement sur la carte des terrains environnants. On peut distinguer ainsi cinq régions limitées à l'est par les palus de la Garonne, au nord et au sud par les marais situés tout autour des ruisseaux, et enfin vers l'est par des régions situées topographiquement au-dessous, plates, couvertes de bois et de prés ou de très peu de vignobles. On peut distinguer ainsi la région de Cantenac-Margaux-Soussans, qui forme un tout, la région d'Arcins-Lamarque, celle de Cussac, celle de Saint-Julien-Beychevelle-Pauillac, enfin au nord celle de Saint-Estèphe qui porte les crus les plus fameux.

C. — Les croupes de grave superficielle.

Ces régions alternent presque avec les croupes de grave profonde; on le trouve immédiatement au nord de Bordeaux, à Parempuyre, à Eysines, Macau et autour de Lesparre dans le Bas-Médoc. Une observation superficielle les confondrait avec les croupes de grave profonde décrites ci-dessus. Pour le géographe, leur seul caractère distinctif est d'être situées à des altitudes comprises entre 5 et 15 mètres, alors que les croupes de grave profonde vont de 15 à 30 mètres. Pour l'agriculteur, ces différences insignifiantes d'apparence sont énormes : les régions de Parempuyre, Macau, et les alentours de Lesparre portent des crus presque tous non classés : on ne trouve pas un seul premier cru, ni un seul deuxième cru sur ces croupes superficielles; on trouve tout au plus à Labarde un troisième et un cinquième cru, à Ludon un troisième cru, enfin à Macau un cinquième cru. Cela fait quatre crus classés dans ces régions, contre plus de cinquante-cinq crus classés sur les croupes de grave profonde.

L'analyse mécanique et chimique des sols ne révèle pas de différence caractéristique entre ces terrains et les précédents; même sol fondamentalement formé de cailloux, de gravier et de sable grossier, même alcalinité du sol; enfin, même pauvreté en humus et richesse du même ordre en phosphates. La seule différence nette entre ces sols et les précédents, est que la surface est beaucoup plus voisine du plan d'eau; que la masse de gravier où les racines peuvent s'étendre sans être noyées est beaucoup moins considérable. Il semble qu'il faille voir dans ces caractères tout à fait physiques la différence de

Les Croupes de Grave Superficielle

1. — Analyse Mécanique du Sol total.									
N°s	Date	LIEU	Couche	Culture	Cailloux	Gravier	Sable grossier	Sables fins	Humus
2	2/1/31	EYSINES.....	A	Bois	61	159	640	120	19
5	»	PAREMPUYRE....	A	Champ	43	56	25	18	40
2	6/11/31	MACAU.....	A	Vignes	54	82	592	175	8
3	»	»	B	»	46	14	56	5	6
4	»	»	C	»	270	220	385	118	5
5	»	MACAU (grave) .	A	»	560	256	123	53	14
					308	360	283	33	
					413	252	455	157	
					6	10	11	8	

2. — Analyse Chimique de la Terre Fine, (éléments grossiers, él. fins, humus).									
N°s	Date	LIEU	Couche	Culture	CO ₂ Ca	P ₂ O ₅	pH		
2	2/1/31	EYSINES.....	A	Bois	21	1,935	4,8		
5	»	PAREMPUYRE....	A	Champ	30	2,02	5,3		
2	6/11/31	MACAU.....	A	Vignes		0,335	2,9		
3	»	»	B	»		0,492	7,2		
4	»	»	C	»		0,523	7,7		
5	»	MACAU (grave)..	A	»	9	0,880	7,1		

Les sols N°s 2 & 5 du 2/1/31 et le sol N° 5 du 6/11/31 sont légèrement calcaires la seconde ligne porte la fraction calcaire des divers éléments lithologiques.

valeur de ces sols. C'est la raison pour laquelle toute classification agronomique des sols se bornant à l'étude de la surface, nous semble absolument insuffisante : il faut étudier toute l'architecture du sol, non seulement dans les parties superficielles, à la manière des pédologues russes, mais encore dans les parties profondes et rattacher la nature du sol aux couches géologiques qui le constituent en surface et en profondeur.

En d'autres termes, pour étudier complètement une région, il faudrait faire des sondages sur un grand nombre de points pour atteindre la roche sur laquelle repose le sol. Au-dessous de Pauillac et Macau, région des grands vins, nous savons que la roche est le calcaire à Astéries dont la surface est à peu près au niveau du fleuve actuel, c'est-à-dire 15 à 20 mètres au-dessous de la surface du sol, du moins à Pauillac. Dans la région des croupes de grave superficielle, la roche calcaire paraît beaucoup plus profonde et recouverte par une argile imperméable au moins en certains points.

D. — Zone intermédiaire.

Nous dénommons ainsi une zone formée d'alluvions de graviers et de sables, située entre les croupes de grave supérieure et les croupes de grave profonde ou superficielle, qui sont au bord du fleuve.

Cette zone qui s'étend du nord au sud, entre les trois zones décrites, se distingue très facilement sur le terrain : le sol y est plat et non en collines lenticulaires; peu de cultures, presque pas de vignes; prés et bois y sont très développés.

Nous avons pu sur la carte distinguer nettement cette région, dont la fertilité est médiocre, et la région située à l'est et à l'ouest dont la fertilité est très grande.

L'analyse chimique ne révèle aucun caractère spécial, sinon une prédominance plus élevée des sables. Les caractères de ces sols accentuent encore dans le sens de la médiocrité les propriétés des croupes de grave superficielle : faible profondeur du terrain utile, manque d'écoulement des eaux, avec en plus une compacité plus grande due à une plus forte proportion d'éléments fins.

Zone Intermédiaire

4. — Analyse Mécanique du Sol total.									
N° s	Date	LIEU	Couche	Culture	Cailloux	Gravier	Sable grossier	Sables fins	Humus
4	10/5/31	Carrefour de BREUIL.....	A	{ Vignes » » »		39 42	470 30	290 25	150
6	6/11/31	MARGAUX.....	A		163	85	580	150	18
7	»	»	Ao		70	85	799	140	6
8	»	»	B		440	195	320	70	2
9	»	»	C		460	126	360	52	
2. — Analyse Chimique de la Terre fine. (éléments grossiers, él. fins, humus).									
N° s	Date	LIEU	Couche	Culture	CO ₃ Ca	P ₂ O ₅	pH		
4	10/5/31	Carrefour de BREUIL.....	A	Vignes » » »	29	1,068	7,2		
6	6/11/31	MARGAUX.....	A			0,340	6,6		
7	»	»	Ao			0,530	7,3		
8	»	»	B			0,720	6,9		
9	»	»	C			0,917	7,4		

Le sol N° 4 du 10/5/31 est légèrement calcaire; la seconde ligne porte la fraction calcaire des divers éléments lithologiques.

CHAPITRE VIII

LES PALUS

Les palus s'étendent en bordure de la Garonne et en bordure des ruisseaux qui se jettent dans la Garonne. Le sol y est à peu près au niveau des hautes marées du fleuve : il est formé d'argile.

Ce sont des terres lourdes, alcalines en général; lorsqu'elles sont drainées, elles portent des vignes ou des pâturages.

Ces palus occupent de très vastes étendues dans le Bas-Médoc, et de même que les croupes de grave superficielle, s'étendent sur des parties beaucoup plus considérables, également dans le Bas-Médoc; il est remarquable que, même dans les marais où s'accumulent d'abondants sédiments organiques, la réaction demeure simplement neutre, grâce à l'alcalinité initiale du sol.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur ces sols qui n'ont absolument rien de caractéristique pour la région du Médoc.

Les Palus

1. — Analyse Mécanique du Sol total.									
N°s	Date	LIEU	Couche	Culture	Cailloux	Gravier	Sable grossier	Sables fins	Humus
3	2/1/31	PAREMPUYRE....	A	Champ	434	42	97	520	130
4	»	GRATTEQUINA..	A	Près		75 45	65 48	715 225	58
6	»	BLANQUEFORT...	A	»	163	85	195	460	100
1	6/11/31	MACAU.....	A	Champ	5		42	940	6

2. — Analyse Chimique de la Terre fine, (éléments fins, él. grossiers, humus).									
N°s	Date	LIEU	Couche	Culture	CO ³ Ca	P ² O ⁵	pH		
3	2/1/31	PAREMPUYRE....	A	Champ		1,950	5,2		
4	»	GRATTEQUINA...	A	Près	160	1,075	7,3		
6	»	BLANQUEFORT...	A	»		1,620	7,0		
1	6/11/31	MACAU.....	A	Champ		1,364	6,8		

Le sol N° 4 du 2/1/31 est légèrement calcaire; la seconde ligne porte la fraction calcaire des divers éléments lithologiques.

CHAPITRE IX

LES ALLUVIONS EGYPTIENNES

L'Egypte, terre privilégiée au point de vue du climat et de sa position géographique, doit rendre un grand tribut de reconnaissance au Nil, fleuve majestueux et tranquille qui mélange ses flots à ceux de la mer par un delta universellement célèbre.

Durant son parcours immense, les terres abondantes descendues des régions du Haut-Nil perdent peu à peu de leur densité et le Nil arrive à ne charrier dans ses eaux que des particules fines composées surtout d'argile et de sable. Ce limon, déposé lors des débordements du fleuve, constitue par sa ténuité une couche extrêmement fertilisante et propice à la croissance des végétaux de toutes espèces.

D'ailleurs, tout ce que nous pourrions dire sur cette situation exceptionnelle, a été défini en quelques lignes par M. Habib S. Boustani, dans son remarquable ouvrage *Pour l'Agriculture égyptienne*, dont nous nous permettons de reproduire ici un passage :

« Ainsi, par un contraste remarquable, l'Egypte semble être à la fois un présent du Nil et du désert aride et désolé.

» En outre, cette identité d'origine du sol égyptien vient compléter un curieux assemblage de trois unités constitutives

uniformes qui particularisent ce pays : uniformité du climat, uniformité du régime des eaux, uniformité « minéralogique » des terres.

» Nous disons bien : uniformité « minéralogique » des terres. Celles-ci se composent, en effet, dans la majorité des cas d'un mélange de sable et d'argile et ne diffèrent que par la plus ou moins grande prédominance d'un de ces éléments sur l'autre. Si la variabilité de la teneur du sol en ces deux éléments importent peu au point de vue minéralogique, elle est, par contre, d'une très grande importance en agriculture.

» Ce simple mélange de sable et d'argile forme, en effet, des sols très différents quant à leurs propriétés physiques et chimiques.

» Les terres argileuses, argilo-siliceuses, silico-argileuses et sableuses que l'on rencontre en Egypte, présenteraient dans d'autres pays des propriétés culturales assez distinctes pour provoquer des différenciations marquées dans la répartition des diverses plantes cultivées.

» Mais l'uniformité des conditions climatériques et du régime hydraulique atténue ici sensiblement ces différences et tend à fusionner entre elles les diverses zones culturales qui correspondent aux différentes variétés du sol. »

Dans ce chapitre, nous ne pourrons pas nous étendre longuement, car n'étant pas dans le pays même, nous n'avons eu à notre disposition que très peu d'échantillons, pour en faire l'étude.

Nous eussions aimé pouvoir opérer de la même manière que nous l'avons fait dans le Médoc, objet des chapitres précédents, en prélevant des échantillons nous-mêmes, copieux et nombreux, sur les terrains qui nous auraient parus pédologiquement les plus intéressants.

Nous allons donner, par la suite, l'analyse mécanique et chimique de ces sols.

De cette analyse, nous relevons que les sols d'Egypte sont alcalins; ils sont très fertiles pour la production du coton, de la canne à sucre, des céréales et des légumineuses.

Cependant, au cours de notre analyse, nous avons trouvé un échantillon (n° 5) qui est stérile, qui ne s'accommode que de la culture du riz, pour le rendre fertile; de quoi cela provient-il ?

Tableau N° 9

Les Sols d'Alluvions Égyptiens

1. — Analyse Mécanique du Sol total.										
N°s	Date	LIEU	Couche	Culture	Cailloux	Gravier	Sable grossier	Sables fins	Humus	
1	18/11/30	LE CAIRE (bord du Nil).	A	Champ	00	00	90 40	885 160	75	
2	»	GUIZAH.....	A	»	00	00	80 32	850 125	38	
3	»	SAGAIYA.....	A	»	00	80	100 30	820 90	50	
4	»	KOM OMBO.....	A	»	00	85 35	125 50	788 490	35	
5	»	MIT SALSIL.....	A	»	00	80	110	850	30	
6	»	ASSIOUT.....	A	»	00	25 180	70 250	150 535	21	
					00	37	20	20		
2. — Analyse Chimique de la Terre fine (éléments grossiers, él. fins, humus).										
N°s	Date	LIEU	Couche	Culture	CO ₃ Ca	P ₂ O ₅	NACL	pH		
1	18/11/30	LE CAIRE (bord du Nil).	A	Champ	120	2,6	0,31	8,2		
2	»	GUIZAH....	A	»	98	2,7	0,43	8,1		
3	»	SAGAIYA.....	A	»	82	4,6	0,61	9		
4	»	KOM OMBO.....	A	»	490	1,09	1,98	9,7		
5	»	MIT SALSIL....	A	»	205	5,01	0,94	9,3		
6	»	ASSIOUT.....	A	»	62	2,3	0,25	8		

Ces sols sont calcaires; la seconde ligne porte la fraction calcaire des divers éléments lithologiques.

Cette improductivité de ce genre de terres alcalines est due :

1. A la présence des sels neutres de soude et du carbonate de soude.
- 2 Pour une grande part, aussi, à l'existence de soude échangeable dans le complex argileux.

L'échantillon en question a été prélevé sur les terres basses et salées du delta du Nil, dont la teneur en carbonate de calcium donne naissance aux sels nuisibles alcalins (carbonate de sodium) sous l'action du sel marin (chlorure de sodium) y existant.

Le sol en question contient de telles quantités de sels de sodium que l'eau du sol se trouve trop concentrée pour permettre aux plantes de croître.

Les chlorures, principalement ont une influence néfaste sur la nitrification; ils détruisent aussi les vers de terre qui contribuent puissamment à la formation de l'humus du sol. Lorsque dans cet échantillon de terre, la proportion de sel marin a atteint 1 gr. 295 %, les graminées, les céréales en particulier cessent d'y croître et l'on n'y voit plus que quelques plantes marines particulières aux terrains salés.

Il existe en Egypte plusieurs types de terres salées :

1° Terres qui renferment de fortes doses de sels solubles de chaux, de magnésie et de soude, mais ne contenant pas de carbonate de soude, ni des quantités anormales de soude échangeable.

Ces terres sont généralement perméables et très faciles à dessaler; il suffit de les laver en leur ménageant un drainage convenable.

2° Terres qui contiennent des sels de soude, mais peu ou pas de sels solubles de chaux ou de magnésie, et dépourvues de carbonate de soude.

Ce type de terres est le plus répandu en Egypte et l'échantillon en question analysé par nous est de ce genre de terrains.

Ces terres, qui ont au début une bonne perméabilité, deviennent imperméables dès que la plus grande partie

des sels de soude a été éliminée par les premières eaux de lavage.

Il est nécessaire, par la suite, de leur apporter du gypse (sulfate de calcium), à raison d'une demi-tonne à une tonne de Feddan (4.500 m²) pour établir leur perméabilité.

3° Terres qui contiennent des sels de soude, peu ou pas de sels solubles de chaux ou de magnésie, mais une dose plus ou moins élevée de carbonate de soude.

4° Terres qui contiennent des sels de soude, des quantités plus ou moins grandes de carbonate de soude et des doses anormales de soude échangeable.

5° Terres qui ont une teneur très forte en sels de soude ou prédomine le carbonate de soude, et qui contiennent de fortes doses de soude échangeable. Ce sont les terres alcalines les plus mauvaises qui laissent filtrer une eau de drainage de couleur brune.

On voit l'importance de l'analyse qui permet, dès le début, de déterminer la nature de la terre et le traitement qui lui convient.

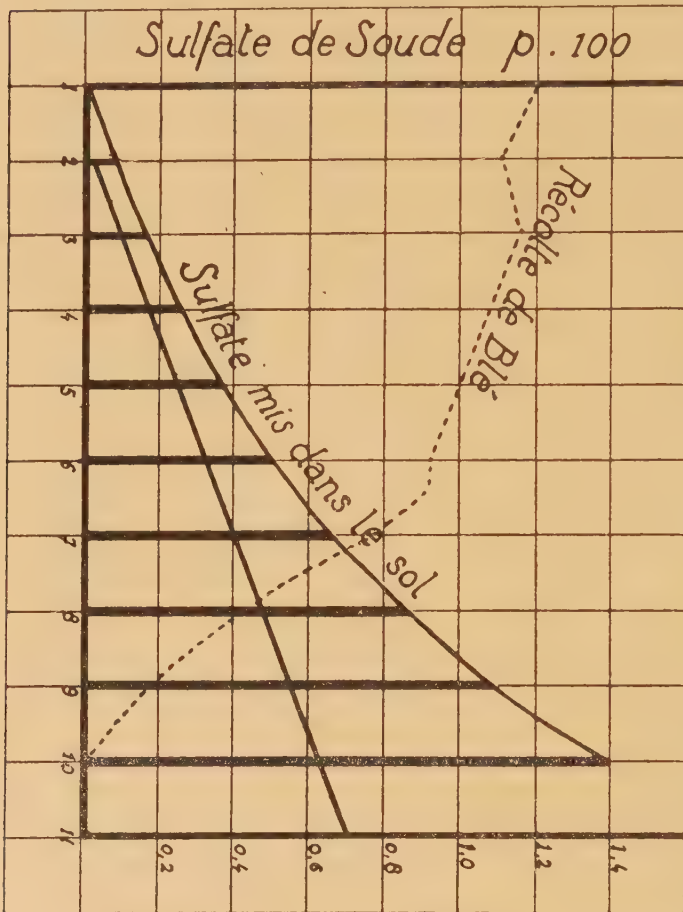
Tous ces genres de terres déterminent l'intoxication des racines des plantes et des microbes du sol. Il est sûr que la toxicité de la solution saline dépend de la radicale basique, indépendamment de la nature du radical acide.

La dose de 0,56 p. 100 de chlorure de sodium empêche la germination du grain de blé.

Ces sels nuisibles sont retenus dans le sol par le pouvoir absorbant; cette absorption est plus grande dans les sols fins, riches en matières organiques, que dans le sable. La limite de tolérance des plantes pour ces sels toxiques de sodium dépend de la quantité de sels qui peut être retenu par le sol, plutôt que de la quantité totale y existant.

La quantité de sel de soude qui peut être retenue par le sol est plus grande pour le carbonate et le sulfate de soude que pour le chlorure de sodium. Nous allons représenter trois graphiques concernant l'influence de ces sels de soude, sur le blé par exemple.

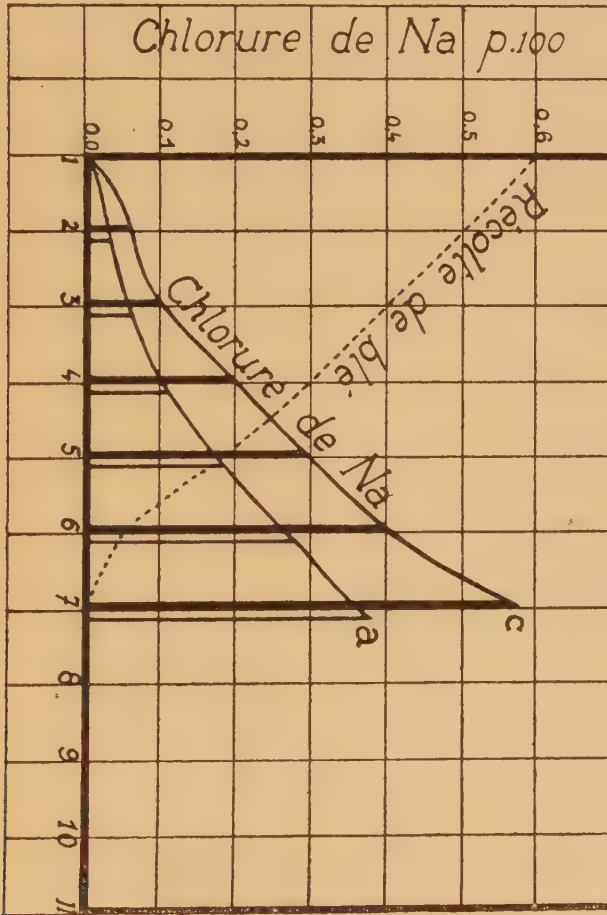
Dans le premier diagramme, on montre la réduction de la récolte de blé lorsque s'élève le pourcentage du sulfate de soude dans le sol.



(D'après Headley, Curtis et Scofield.)

La courbe inférieure exprime la partie de ce sulfate qui est absorbée et retenue dans le sol.

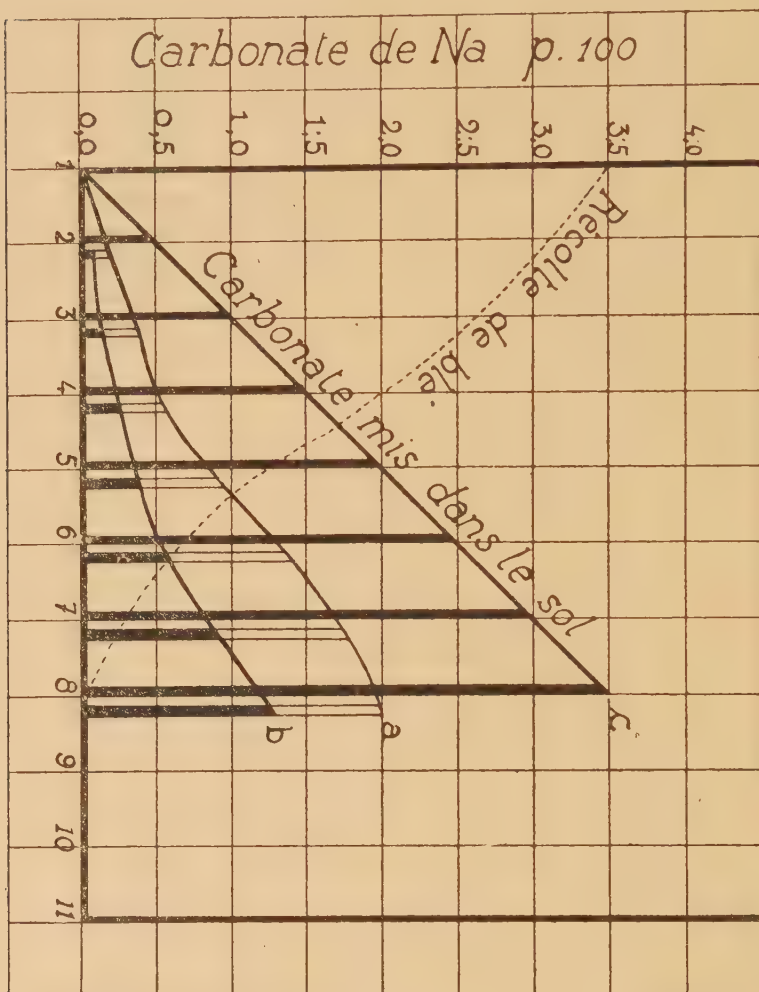
2° Diagramme montrant la réduction de la récolte de blé lorsque s'élève le pourcentage C, du chlorure de sodium dans le sol.



(D'après Headley, Curtis et Scofield.)

a exprime la portion du chlorure qui est absorbée et retenue par le sol dans les divers cas.

3° Diagramme montrant la réduction de la récolte du blé, lorsque s'élève le pourcentage C. du carbonate de soude dans le sol.



(D'après Headley, Curtis et Scofield.)

La partie *b* indique le carbonate absorbé et retenu par le sol.
La partie *a* indique la proportion de bicarbonate retenue par le sol.

Connaissant les méfaits de ces sels de sodium existant dans le sol égyptien, il est nécessaire d'y remédier par l'amélioration de la terre de la façon suivante :

1° Elimination du carbonate de soude et des sels nuisibles de soude (catégories 3, 4, 5) qui sont la cause principale de la stérilité de la terre, à l'aide d'un premier apport de gypse pour déplacer la soude échangeable, puis on complétera le travail d'amélioration par des cultures de riz et de trèfle, qui aideront à l'action du gypse par le gaz carbonique que dégagent leurs racines.

2° Dans la catégorie n° 2, la terre, par suite de la présence de carbonate de soude provoque la défloculation de l'argile en rendant le sol imperméable.

Le rendement des récoltes dans ce sol est étroitement lié à son état physique et surtout à son degré de perméabilité.

Il est généralement impossible d'accroître la fertilité d'une terre plus ou moins imperméable, même en lui appliquant des fumures abondantes, si on n'a pas soin d'abord d'améliorer sa perméabilité.

Donc, pour améliorer cette catégorie de terres, il suffit de leur ajouter des sels solubles de chaux, qui ont la propriété de flocculer, c'est-à-dire de coaguler l'argile et assurent ainsi la perméabilité.

Les sels solubles de chaux (le gypse) se substituent à la soude dans le complex argileux (grâce à la chaux qu'ils contiennent) et contribuent à améliorer davantage les propriétés de l'argile.

Nous conseillons l'emploi régulier du gypse, même dans les terrains dessalés parce qu'en l'absence de sels solubles de chaux qui ont été épuisés par les eaux de lavages, il se forme du carbonate de soude, qui est la cause de l'apparition de l'imperméabilité.

C'est ainsi que l'on voit souvent en Egypte d'excellentes terres, ayant une constitution physique et chimique très normale, et complètement dessalées, donner de mauvaises récoltes, parce qu'elles ont une réaction légèrement alcaline, qui les rend imperméables.

En résumé, le gypse produit les effets suivants :

1° Il améliore la terre en facilitant l'élimination des sels nuisibles et modifie favorablement la constitution chimique et physique du sol.

2° Il favorise l'absorption de l'engrais azoté employé et en augmente ainsi son efficacité.

3° Le gypse est lui-même un engrais et joue un rôle très important dans la nutrition des plantes. En effet, il apporte au sol, sous la forme de sulfate de chaux :

a) La chaux qui est absorbée en assez grande quantité par toutes les cultures;

b) Le soufre qui est un élément utile à la végétation et qui est du même ordre que le phosphore, ainsi que l'affirme M. G. Bertrand dans le compte rendu d'une récente communication à l'Académie des Sciences de Paris (séance du 9 décembre 1929.)

Voici les principaux passages de ce compte rendu :

« M. G. Bertrand expose que, avec M. Silberstein, il a trouvé en se servant de la méthode perfectionnée de dosage qu'ils ont fait connaître récemment, que les plantes cultivées renferment des proportions de soufre combiné, beaucoup plus grandes qu'on ne le pensait jusqu'ici, d'après l'analyse des cendres végétales.

» En comparant ces proportions à celles du phosphore, dont l'importance est bien connue aujourd'hui de tous les agronomes, ils ont calculé que dans une récolte qui contient 100 kilos de phosphore, il y a de 50 à 150 kilos de soufre, il résulte de ces recherches, que l'on devrait se servir d'engrais à base de soufre, comme on le fait depuis longtemps déjà de ceux à base de phosphore. »

Or, le gypse pouvant fournir à la plante le soufre sous une forme immédiatement soluble et assimilable, est actuellement l'engrais soufré le moins coûteux.

En outre, le gypse *mobilise la potasse*; celle-ci se trouve en quantité suffisante dans les sols égyptiens en particulier, mais souvent sous une forme non utilisable, sous l'action du gypse elle subit des transformations qui la mette à la disposition de la plante :

Gypse + silicate alumino-potassique (argile) = silicate alumino-calcaïque + sel de potasse soluble,

Le gypse a aussi la propriété de favoriser l'aération du sol en précipitant l'argile, et d'activer ainsi la vie microbienne, en particulier, la nitrification des matières organiques, c'est-à-dire la production de l'azote nitrique.

Enfin, nous déduisons du résultat de l'analyse chimique des sols égyptiens, qu'ils contiennent des quantités plus ou moins abondantes de carbonate de chaux, qui augmentent leur perméabilité et les rendent ainsi aptes à la circulation de l'air et de l'eau, ceci est une raison pour laquelle le chaulage n'est pas recommandé en Egypte.

CHAPITRE X

CONCLUSIONS

Le présent travail est un essai de classification et de délimitation des divers sols du Médoc; nous avons essayé d'analyser les rapports de ces sols avec les sols climatiques typiques d'Europe Occidentale, ou podsols; nous avons essayé d'autre part d'établir les rapports existant entre ces sols et la nature du sous-sol, voire les diverses catégories d'alluvions laissées par la Garonne et la Gironde ancienne sur l'étendue du Médoc.

Nous avons ainsi tenté une synthèse entre le point de vue des pédologues russes de l'école de Dokutschaïeff et Glinka, et celui des agronomes français, de l'école de Risler. Nous croyons l'un et l'autre point de vue indispensables pour comprendre la formation, la structure, la valeur des sols au point de vue géographique, botanique et agricole.

L'intérêt de cette étude réside dans ce fait que les cultivateurs du Médoc ont établi depuis plus d'un siècle une classification agronomique empirique, mais très fine, des sols, au point de vue de la culture de la vigne.

Il nous a semblé que seule la structure géologique du sol, son architecture et celle du sous-sol peuvent rendre compte de la valeur des terres. Ces raisons nous font penser qu'en France, au moins, dans toutes les régions d'alluvions en général, -- c'est-à-dire dans toutes les régions du globe où la den-

sité de la population agricole est très élevée, — c'est dans la structure fixe des terrains quaternaires qu'il faudra rechercher les principes de la classification de ces sols.

Certains pédologues russes (Polynov 1930) sont arrivés à des conclusions du même ordre, et à faire intervenir la roche sous-jacente dans leur classification des terrains. Nous croyons qu'il faut aller plus loin et distinguer entre les divers terrains quaternaires plus ou moins anciens, entre les divers calcaires plus ou moins anciens : nous avons des distinctions très nettes à établir entre les graviers supérieurs, les croupes de grave profonde et les coupes de grave superficielle, qui appartiennent à des terrasses différentes, abandonnées par la Garonne; de même, le calcaire éocène de Saint-Estèphe ne donne pas tout à fait les mêmes sols que le calcaire à Astéries miocène. Sans diminuer en rien l'importance des notions établies par l'école russe, nous croyons que les principes posés par Risler dès 1884 sont toujours valables aujourd'hui.

A la suite de ces recherches sur les sols d'alluvions du Médoc, que nous pouvions étudier à la fois « en situ » et au laboratoire, nous avons étudié quelques échantillons d'alluvions du Nil et des sols en dérivant. Ce qui nous a frappé d'abord au cours de l'analyse de ces sols, c'est que leur pourcentage en éléments fins est beaucoup plus élevé que celui des sols du Médoc. De ce fait, on peut affirmer qu'ils ont une supériorité très grande au point de vue fertilité en agriculture. Etant donnée la finesse de la terre, la plante assimile facilement les éléments nutritifs nécessaires à son bon développement. Il faut considérer aussi que non seulement la richesse de la terre influe sur l'accroissement normal de la plante, mais aussi le climat joue un rôle considérable sur la végétation, ceci explique que, à terre égale par exemple, certaines plantes (le coton, la canne à sucre) pousseront très normalement en Egypte alors que dans le Médoc, elles dépériraient.

BIBLIOGRAPHIE

- AGAFONOFF. — Quelques réflexions sur l'histoire de la pédologie. *Annales de la Science agronomique*, 43, 132, 1926.
- Les types de sols en France. *Annales de la Science Agronomique*, 45, 97, 1928.
- AGAFONOFF. — *La Pédologie*, Revue géographique physique, 11, 185, 1929.
- ANDRÉ (G.). — Chimie du sol. (Paris, Baillière, 1921). — Propriétés générales des sols en agriculture. (Paris, A. Collin, 1924.)
- BERTHELOT. — Chimie végétale et agricole. (Paris, Dunod, 1905.)
- BLAYAC. — Contribution à l'étude du sol des Landes de Gascogne. *Annales de Géographie*, 25, 23, 1916.
- BLAYAC. — Relation des sables des Landes avec les terrains de la Garonne. *C. R. Ac. Sc.*, 157, 1483, 1913.
- Carte géographique* du département de la Gironde, feuilles Lesparre (1^{re} éd., Linder, 1897); et Bordeaux, Service de la carte géologique de France (Paris, Béranger).
- CHAPTAL. — Chimie appliquée à l'Agriculture. (Paris, 1880.)
- COOPER (R.). — *Bull. U. S. Dép. Agricult.*, 24 nov. 1920.
- CORENWINDER. — *Annales de Chimie et de Physique*, tome 11, 1923.
- DEFFLOT (P.). — Le sol et l'amélioration des terres.
- DEMOUSSY (M.). — Engrais. (Paris, Ch. Béranger, 1926.)
- DEHERAIN. — Traité de Chimie agricole. (Paris, Masson, 1902.)
- DELORME (E.). — La chaux en agriculture. (Bibliothèque Vermorel, N° 164.)
- DENIGÈS. — Précis de chimie analytique. (Paris, Maloine, 6^e édition, 1931.)
- DUTRAIT (Maurice). — De mutationibus Orae fluviatilis et maritimal in *Peninsula Medulorum* et Garumnae fluminis ostio ab antiquissimis temporibus ad hodiernum diem. *Thèse*, Faculté Lettres, Bordeaux, 1896.

- FAYE. — Remarques sur quelques particularités du sol dans les Landes de Gascogne, *C. R. Ac. Sc.*, 71, p. 245.
- FERET et COCKS. — Bordeaux et ses vins. (Bordeaux, Férét et Fils.) 10^e édition, 1930.
- GAIN (E.). — Précis de Chimie agricole. (Paris, Baillière et Fils, 1918.)
- GUILLIN. — Analyses agricoles. (Paris, Baillière, 1926.)
- HABIB S. BOUSTANI — Pour l'Agriculture Egyptienne, Le Caire, Parladi et Taha Ibrahim, 1920.
- HEADLEY, CURTIS et SCOFIELD. — Cités par Gain, *Chimie agricole*, p. 311.
- HISSINK (D.-J.). — Report of the commission on Soil reaction Measurements, Soil research. (Recherches sur le sol), tome 11, 77, 1930.
- ISIDORE (Pierre). — *Chimie agricole*. (Paris, Lacroix et Baudry, 1880.)
- KÄPPEN. — Die Boden azidität. (Berlin, Springer, 1930.)
- KOLTHOFF (L.-M.). — La détermination colorimétrique de la concentration des ions Hydrogène, traduction Vellinger. (Paris, Gauthier Villars, 1926.)
- KUHLMANN. — Expériences chimiques et agronomiques. (Paris, 1850.)
- Jour. Amer. Chem. Soc.*, 45, 1923. The nature of the acidity of the colloidal Clay of acid soil.
- LECOQ et LEPRINCE. — Guide pratique d'analyses. (Paris, Vigot, 1930.)
- LE GEYT WORSLEY. — The hydrogen-ion concentration of Egyptian soils, Parts 1 and 11; Ministry of Agriculture, Egypt; Technical and Scientific Service. *Bulletin* N° 83.
- LAGATU (H.) et SICARD (I.). — L'analyse des terres et son utilisation agricole. (Paris, Masson, 1901.)
- MEUNIER (S.). — De quoi est formée la terre arable. (Bibliothèque Vermorel, 57.)
- Premier Congrès International de la Vigne et du Vin*, Bordeaux, 21, 24 juin 1928.
- PELLEGRIN (V.). — Comment choisir les engrais. (Bil. Vermorel, 197.)
- PETIT (A.). — Les propriétés physiques du sol.
- Plâtrières de Ballah* (Société Anonyme Egyptienne). — Compte rendu.

- POLYNOW. — Das Muttergestein als Faktor der Boden bildung und als Kriterium für Boden klassifikation, *Soil Research*, 11, 165, 1930.
- RUSSELL (E.-J.). — Les conditions du sol et la croissance des plantes, traduction Matisse. (Paris, Flammarion, 1924.)
- RISLER et WERY. — Drainage et assainissement des terres.
- RISLER. — Géologie agricole. (Paris, Berger-Levrault, 1884-1895.)
- SIDERSKY (D.). — Analyse des engrais. (Paris, Ch. Béranger, 1921.)
- SURFACE et COOPER. — *Bull. U. S. Dep. Agricult.*, 72, 1914.
- SCHLOESING. — Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. 11, XX, 1870.
- SCHLOESING. — Chimie agricole. (Paris, Masson, 1875.)
- SCHRELBER (C.). — Le sol et les engrais.
- SAINT-JOURS (B.). — La carte géologique de Lesparre et la côte landaise. *Bulletin de la Société Géographique Commerciale de Bordeaux*, 35, 377-390 et 412-426, 1912.
- La fixité de la côte landaise. Propriété des Dunes de Gascogne. *Bulletin de la Société Géographique Commerciale de Bordeaux*, 36, 123, 307, 343, 365, 1913.
- STREMMER (H.). — Bleicherdewaldböden, in *Handbuch der Bodenkunde*, 111, 119. (Berlin, Springer, 1930.)
- VILLE (G.). — La production végétale et les engrais chimiques. (Paris, 1890.)
- WOLFF. — Etude pratique sur les fumiers de la ferme et les engrais en général. (Bruxelles, 1869.)
-

Downloaded from <http://ajphaphapublications.sagepub.com/> at 11:01 11 November 2014

DEUXIEME THESE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ :

La nitrification dans la terre arable.

VU, BON A IMPRIMER : *Le Président,*

RICHARD.

VU : *Le Doyen,*

G. DUPONT.

VU, ET PERMIS D'IMPRIMER :

Bordeaux, le 17 décembre 1931.

Le Recteur de l'Académie,

F. DUMAS.

